

Aus dem Institut für Parasitologie und Parasitäre Krankheiten
der Tiere
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Prof. Dr. G. Lämmler

**Zur Ökologie von Rhipicephalus sanguineus
(LATREILLE, 1806) und Verbreitung in
Deutschland**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Hans-Dieter Hamel
Tierarzt aus Dresden

Gießen 1972

1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545932_0064

Aus dem Institut für Parasitologie und Parasitäre Krankheiten
der Tiere

der Justus Liebig-Universität Gießen

Direktor: Prof. Dr. G. Lämmle

**Zur Ökologie von Rhipicephalus sanguineus
(LATREILLE, 1806) und Verbreitung in
Deutschland**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Hans-Dieter Hamel
Tierarzt aus Dresden

Gießen 1972

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
in Gießen

Dekan: Prof. Dr. E. Weiss

Berichterstatter: Prof. Dr. R. Gothe

Tag der mündlichen Prüfung: 4. 1. 1973



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	3
1. Zur Verbreitung von <u>Rhipicephalus sanguineus</u>	3
2. Zur Ökologie ixodider Arten	4
a) Larven	4
b) Nymphen	8
c) Imagines	10
d) <u>Rhipicephalus sanguineus</u>	16
III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	20
1. Zur Verbreitung von <u>Rhipicephalus sanguineus</u> in Deutschland	20
a) Material und Methoden	20
b) Ergebnisse	20
c) Diskussion	22
2. Zur Ökologie von <u>Rhipicephalus sanguineus</u>	25
a) Material und Methoden	25
b) Ergebnisse	27
c) Diskussion	43
IV. ZUSAMMENFASSUNG	48
V. LITERATURVERZEICHNIS	50

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die durch Zecken übertragenen und induzierten Krankheiten werden in ihrer enzootischen und endemischen Manifestation sowie in ihrem epizootischen und epidemischen Ausbreitungsvermögen durch die ökologische Reaktionsbreite der biologischen Überträger bzw. Erreger bestimmt und dadurch geographisch abgegrenzt. Die einflußnehmenden möglichen biotischen und abiotischen Faktoren sind zwar in Gesamtheit bekannt, in ihrer Komplex- bzw. Teilwirkung auf die einzelnen Zeckenarten jedoch nicht oder nur zu einem geringen Teil erarbeitet. Von den abiotisch wirksamen Größen sind dabei insbesondere die Temperatur sowie die relative Luftfeuchtigkeit anzuführen, die als wichtige, das Propagationsvermögen der Zecken und damit deren Infektionspotential und -möglichkeit bestimmende Teilfaktoren zu werten sind.

Die fehlenden bzw. unzureichenden Kenntnisse über den Einfluß dieser beiden abiotischen Faktoren auf die potentielle Überlebens- und Propagationskapazität der Zecken gelten auch für die am weitesten verbreitete Schildzeckenart, Rhipicephalus sanguineus, die epizootiologisch und auch epidemiologisch von großer Bedeutung als biologischer Überträger von Rickettsien und Protozoen ist und sich bereits autochthon enzootisch in Deutschland manifestiert hat.

In dieser Arbeit sollten zunächst die im Schrifttum vorliegenden Angaben über die Teilwirkung der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit auf die ökologische Reaktionsbreite der Schildzecken zusammenfassend dargestellt werden.

In den bisherigen Untersuchungen mit Rhipicephalus sanguineus wurde dabei meistens nur einer dieser Ökofaktoren und dann lediglich in sehr engen Bereichen bzw. für ein Entwicklungsstadium berücksichtigt. Als Zeckenmaterial wurden stets Populationen aus tropischen oder subtropischen Gebieten verwendet. Da Rhipicephalus sanguineus bereits

in Deutschland enzootisch manifest geworden ist und sich auf Grund seiner Wirtsprädisposition für Hunde und des dadurch bedingten besonderen Biotops wahrscheinlich immer weiter ausbreitet, sollte in der vorliegenden Arbeit die jetzige Verbreitung von Rhipicephalus sanguineus in Deutschland ermittelt sowie die ökologische Toleranzkapazität für alle Entwicklungsstadien eines deutschen Stammes dieser Zeckenart in verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitskombinationen bestimmt werden. Insbesondere war dabei unter diesen Bedingungen die Häutungsfähigkeit der Larven und Nymphen sowie die Überlebenszeit nüchterner Stadien zu untersuchen. Außerdem sollte festgestellt werden, ob bzw. welche während der Oviposition auf weibliche Zecken einwirkenden unterschiedlichen Temperaturen und Feuchtigkeiten die Schlupfrate der Larven zu beeinflussen vermögen.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Zur Verbreitung von Rhipicephalus sanguineus

Rhipicephalus sanguineus ist die am weitesten verbreitete Schildzeckenart (HOOGSTRAAL, 1956), deren epizootische Ausdehnung bis zum 50. Grad nördlicher und 35. südlicher Breite reichen kann (LEESON, 1951).

In Europa wurde als nördliche Verbreitungsgrenze bisher Jugoslawien (BABOS, 1964), die Nordwest- und Westschweiz (AESCHLIMANN et al., 1965), sowie Süd- und Südwestfrankreich (LAMONTELLERIE, 1965) angegeben. Inzwischen konnte diese Zeckenart auch in den Niederlanden (JANSEN, 1962; 1965; ZWART, 1972), Dänemark (WINDING und HAARLØV, 1968; HAARLØV, 1969; WINDING et al., 1970) und Großbritannien (BEST et al., 1969) nachgewiesen werden, wobei die Einschleppung stets aus enzootischen Gebieten erfolgte.

Nur in drei Fällen war eine direkte epizootische Bezugnahme nicht zu ermitteln (JANSEN, 1965; BEST et al., 1969; ZWART, 1972).

Für Deutschland gibt es zum Vorkommen von Rhipicephalus sanguineus bisher nur wenige Hinweise im Schrifttum (EICHLER, 1942; ENIGK, 1944 b; ZUMPT, 1944; MARTINI, 1952; GOTHE, 1968), die von GOTHE (1968) bereits kritisch diskutiert wurden.

Die Nachweise beruhen dabei entweder auf Zufallsbefunden (EICHLER, 1942; ZUMPT, 1944; GOTHE, 1968; SCHEIN, 1972) oder auf allgemeinen Beschreibungen ohne genaue Angaben des Fundortes (ENIGK, 1944 b; MARTINI, 1952).

2. Zur Ökologie ixodider Arten

a) Larven

In Untersuchungen zur Ökologie nüchterner ixodider Larven konnte im Schrifttum übereinstimmend nachgewiesen werden, daß, bei artbedingten Unterschieden, deren Überlebenszeit nur mit der relativen Luftfeuchtigkeit direkt zu korrelieren ist. Für den Einfluß der Temperatur ist in bestimmten Bereichen zwar ebenfalls eine Proportionalität ableitbar, doch ergibt sich dabei stets eine direkte Relation zur Feuchtigkeit.

Eine Temperatur von 40°C und 100 % r.L. führte bei Ixodes ricinus-Larven schon nach 1 Tag zum Tode (MacLEOD, 1935a), während Hyalomma anatolicum-Larven dagegen eine Temperatur von 38°C und 95 % r.L. bis zu 17 Tagen tolerierten (SNOW, 1969). Selbst bei 35° bzw. 37,5°C und 90 % r.L. lebten Ixodes ricinus-Larven höchstens 11-14 bzw. 6-9 Tage (MacLEOD, 1935a). Lagen die relativen Luftfeuchtigkeitsbereiche zwischen 90 und 100 %, überlebten Larven von Hyalomma dromedarii bei 28°C bis zu 126 Tagen (HAFEZ et al., 1970), von Amblyomma cajennense im Temperaturbereich von 25°C 127 Tage und von Dermacentor variabilis mehr als 90 Tage (KNÜLLE, 1966). Nach AESCHLIMANN (1963) bleibt die Mehrzahl der Larven von Amblyomma compressum bei 21-24°C und 90 % r.L. länger als 67 Tage lebensfähig. Larven von Boophilus microplus tolerierten 22°C und 90 % r.L. bis zu 240 Tage (HITCHCOCK, 1955) und von Hyalomma savignyi 17,5°C maximal 241 Tage (FELDMAN-MUHSAM, 1947).

In Untersuchungen zur "equilibrium humidity" der Larven von Dermacentor andersoni, Dermacentor variabilis und Amblyomma cajennense (KNÜLLE, 1966) sowie Hyalomma dromedarii (HAFEZ et al., 1970) konnten Werte von 80-85 bzw. 75 % r.L. ermittelt werden. In niedrigeren Feuchtigkeitsbereichen können die Larven nur we-

nige Tage ein Gleichgewicht mit den entsprechenden Feuchtigkeiten aufrechterhalten und sterben dann ab.

Hohe Temperaturen, verbunden mit niedrigen Feuchtigkeiten, führen selbst bei verhältnismäßig resistenten Arten schon in kürzester Zeit zum Tode. Durch 0 % r.L. und 35°C wurden Hyalomma anatolicum-Larven nach ca. 2 Tagen abgetötet (SNOW, 1969). In einem Milieu von 37,5°C und 20 % r.L. lebten Hyalomma savignyi-Larven durchschnittlich 1 Tag (FELDMAN-MUHSAM, 1947). Eine Temperatur von 30°C und relative Luftfeuchtigkeiten von 45 bzw. 65-69 % tolerierten Larven von Boophilus microplus (HITCHCOCK, 1955) bzw. Amblyomma americanum nur 3 Tage. Lag die Temperatur bei 28°C, waren Hyalomma dromedarii-Larven bei 42 bzw. 60 % r.L. maximal 5 bzw. 9 Tage lebensfähig (HAFEZ et al., 1970). 25°C und 53 bzw. 60 % r.L. konnten Larven von Dermacentor variabilis höchstens 5 Tage und von Amblyomma cajennense 6 bzw. 7 Tage überleben (KNÜLLE, 1966). Eine relative Luftfeuchtigkeit von 52 bzw. 66 % (21-24°C) führte bei Amblyomma compressum nach 4 bzw. 6 Tagen zum Tode (AESCHLIMANN, 1963). Sank die Temperatur auf 15°C ab und blieb die relative Luftfeuchtigkeit bei 50 %, starben Boophilus microplus-Larven erst nach 14 Tagen ab (HITCHCOCK, 1955).

Die in Tabelle 1 zusätzlich aufgeführten Angaben zur Überlebenszeit von Schildzeckenarten konnten nicht in die Diskussion einbezogen werden, da entsprechende Temperatur- und Feuchtigkeitsbereiche nur ungenügend bzw. überhaupt nicht erwähnt wurden.

Temperaturen unter dem Gefrierpunkt des Wassers verkürzten die Lebensdauer von Zeckenlarven auf wenige Tage (MacLEOD, 1935a; HITCHCOCK, 1955; ELZINGA und REES, 1960; GOTHE, 1967), wobei die einzelnen Zeckenspezies eine unterschiedliche Kälteresistenz zeigten.

So tolerierten Boophilus microplus-Larven eine Temperatur von

Tab. 1 Maximale Überlebensdauer einiger Schildzeckenarten bei hohen Luftfeuchtigkeiten und verschiedenen Temperaturen

ART	LARVE	NYPHE	ADULTE	°C	AUTOR
Amblyomma americanum	-	166 Tg	218 Tg	10	LANCASTER, 1958
Amblyomma gemma	-	-	493 Tg	-	LEWIS, 1939
Amblyomma hebraeum	350 Tg	250 Tg	660 Tgo	15	NUTTALL und WARBURTON, 1915
Amblyomma variegatum	-	-	732 Tg	-	LEWIS, 1939
Boophilus microplus	6-7, 5Mon.	-	-	-	McCULLOCH, 1968
Dermacentor andersoni	117 Tg	300 Tg	1 J	-	ARTHUR, 1962
Dermacentor variabilis	540 Tg	309 Tg	2-3 J	-	ARTHUR, 1962
Haemaphysalis leachii	378 Tg	61 Tg	210 Tg	15-20	NUTTALL und WARBURTON, 1915
H. leporispalustris	258 Tg	342 Tg	588 Tg	-	NUTTALL und WARBURTON, 1915
Hyalomma anatolicum	232 Tg	301 Tg	682 Tg	18	SNOW, 1969
Hyalomma dromedarii	126 Tg	52 Tg	188 Tg ^o	28	HAFEZ et al., 1970
Hyalomma marginatum	-	-	759 Tg	-	NUTTALL, 1915
Hyalomma savignyi	241 Tg	246 Tg	731 Tg	17, 5	FELDMAN-MUHSAM, 1947; 1951
Ixodes hexagonus	15 Mon	-	-	-	ARTHUR, 1951
Ixodes ricinus	15 Mon	13 Mon	21 Mon	-	MacLEOD, 1932
Rhipicephalus appendiculatus	9, 5 Mon	20 Mon	34 Mon	-	LEWIS, 1939
Rhipicephalus bursa	363 Tg	-	641 Tg	15-20	NUTTALL, 1915
Rhipicephalus evertsi	7 Mon	-	14 Mon	-	HOOGSTRAAL, 1956
Rhipicephalus pulchellus	-	-	417 Tg	-	LEWIS, 1939
Rhipicephalus sanguineus	253 Tg	97 Tg	568 Tg	15-22	NUTTALL, 1915
Rhipicephalus simus	-	-	32 Mon	17-22	BRANAGAN-BAILEY, 1968

-6°C bis zu 2 (HITCHCOCK, 1955) und $+0^{\circ}\text{C}$ bis zu 4 Tagen (GOTHE, 1967). Widerstandsfähiger waren Boophilus decoloratus und Margaropus winthemi-Larven, die bei -5°C bis zu 6 bzw. 10 Tagen überlebten (GOTHE, 1967). Eine Kälteeinwirkung von -8°C ertrugen Ixodes ricinus-Larven über einen Zeitraum von 4 Tagen (MacLEOD, 1935a). Im nüchternen Zustand lebten Ixodes kingi-Larven bei -10°C bis zu 23 Tagen, vollgesaugt dagegen nur 9 Tage (ELZINGA und REES, 1960). Tieferen Temperaturen (-15°C) wurden von Ixodes ricinus-Larven höchstens 1 Tag (MacLEOD, 1935a) und von Margaropus winthemi (-13 bis -15°C) bis zu 2 Tagen toleriert (GOTHE, 1967).

Die Metamorphose der Larve zur Nymphe ist nur in einem verhältnismäßig eng begrenzten Temperaturbereich möglich. Durch steigende Temperaturen wird diese zwar anfänglich noch beschleunigt, bei Erreichen einer bestimmten, speziesabhängigen Temperaturschwelle sterben die Larven jedoch ab.

In niedrigen Temperaturbereichen ist dagegen eine starke zeitliche Verzögerung der Metamorphose festzustellen, die bei Unterschreiten einer bestimmten Temperatur schließlich völlig sistiert. Hierbei sind die Larven über längere Zeit lebensfähig und häuten sich erst nach Überführung in höhere Temperaturen (MacLEOD, 1934).

Im Temperaturbereich von 30°C fand bei Amblyomma americanum eine Häutung zur Nymphe bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von mindestens 69 % (LANCASTER und McMILLAN, 1955), bei 26°C von 56 % und bei 15°C von 85 % statt (LANCASTER, 1958). Relative Luftfeuchtigkeiten von 85-100 % waren für Ixodes ricinus-Larven erforderlich, die sich dabei im Temperaturbereich von $15-35^{\circ}\text{C}$ zu häuten vermögen, wobei die kürzeste Häutungsdauer von 17-22 Tagen bei $32,5^{\circ}\text{C}$ und 100 % r. L. erreicht wurde (MacLEOD, 1934). Ixodes hexagonus-Larven hatten bei $25-28^{\circ}\text{C}$ und hohen Luftfeuchtigkeiten nach 23 Tagen die Häutung abgeschlossen (ARTHUR, 1951).

Bei 20°C verlängerte sich die Metamorphose von Ixodes ricinus (MacLEOD, 1934) und Hyalomma anatolicum-Larven (SNOW, 1969) auf 160-180 bzw. 59 Tage und von Ixodes hexagonus bei 15°C auf 60 Tage (ARTHUR, 1951). Eine Temperatur von 10°C verhinderte sowohl bei Ixodes ricinus (MacLEOD, 1934) als auch bei Amblyomma americanum (LANCASTER, 1958) eine Häutung, jedoch waren vollgesaugte Ixodes ricinus-Larven selbst nach längerem Aufenthalt bei 2-3 bzw. 10°C nach Überführung in 27,5°C noch häutungsfähig (MacLEOD, 1934).

b) Nymphen

Auch bei den Nymphen ist eine den Larven entsprechende Relation zu diesen abiotischen Bezugswerten gegeben.

So war im Bereich höherer Temperaturen die Lebensdauer nüchterner Nymphen bei hohen und niedrigen Luftfeuchtigkeiten ebenfalls stark verkürzt. Nymphen von Amblyomma americanum tolerierten dabei eine Temperatur von 38°C und 85 % r.L. maximal 11 Tage (LANCASTER, 1958). Nymphen von Hyalomma anatolicum lebten unter gleichen Bedingungen mit maximal 33 Tagen länger (SNOW, 1969) und von Ixodes ricinus bei 37,5°C und 100 % r.L. mit 15 Tagen kürzer (MacLEOD, 1935a).

Bei einer Temperatur von 28°C und 96 % r.L. waren dagegen erst 50 % der untersuchten Hyalomma dromedarii-Nymphen am 52. Tag abgestorben (HAFEZ et al., 1970). Nymphen von Amblyomma compressum wurden durch eine Exposition bei 21-24°C und 66-90 % r.L. innerhalb von 16 Tagen überhaupt nicht affiziert (AESCHLIMANN, 1963).

Niedrige Temperaturen und hohe Luftfeuchtigkeiten begünstigen die Überlebenskapazität der Nymphen. So tolerierten Nymphen von Hyalomma savignyi eine Temperatur von 17,5°C und 80 % r.L. maximal 246 Tage (FELDMAN-MUHSAM, 1947) und von Amblyomma americanum 10°C und 85 % r.L. bis zu 166 Tage (LANCASTER, 1958).

Durch Kombination hoher Temperaturen und niedriger Luftfeuchtigkeiten wird die Überlebenszeit von Nymphen dagegen erheblich beeinträchtigt. Bei einer Temperatur von 37°C und 20 bzw. 0 % r.L. starben Hyalomma savignyi- (FELDMAN-MUHSAM, 1947) und Hyalomma anatolicum-Nymphen (SNOW, 1969) bereits nach 6 Tagen ab. Eine Temperatur von 28°C und 42 % r.L. bzw. 21-24°C und 52 % r.L. tolerierten 50 % der Nymphen von Hyalomma dromedarii (HAFEZ et al., 1970) bzw. Amblyomma compressum (AESCHLIMANN, 1963) nur noch 16 Tage.

Im Temperaturbereich unter dem Gefrierpunkt bestehen ebenfalls große, artbedingte Unterschiede in der Kälteresistenz.

So waren nur nüchterne Ixodes persulcatus-Nymphen bis zu einer Temperatur von -30°C noch überwinterungsfähig (ARTHUR, 1962). Nüchterne Nymphen von Ixodes kingi (ELZINGA und REES, 1960) bzw. Ixodes ricinus (MacLEOD, 1935a) überlebten dagegen eine Temperatur von -10°C bzw. -15 und -8°C nur 19 bzw. 4 und 1 Tag(e).

Nach ENIGK (1944a) konnten vollgesaugte Rhipicephalus bursa-Nymphen Temperaturen von -2°C und -5°C mehrere Wochen tolerieren, wobei auftretende Temperaturminima bis -15°C ihre Lebensfähigkeit nicht beeinträchtigten.

Die Imaginalhäutung ist in ihrem zeitlichen Ablauf ebenfalls mit der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit korreliert.

So wird die Häutungsdauer, bis zu einer artbedingten Toleranzgrenze, mit steigenden Temperaturen erheblich verkürzt. Bei 38°C war die Häutung der Nymphen von Hyalomma anatolicum bereits nach durchschnittlich 11 Tagen abgeschlossen (SNOW, 1969). Wurden Hyalomma excavatum (FELDMAN-MUHSAM, 1964) und Ixodes ricinus (MacLEOD, 1934) bei 32°C aufbewahrt, häuteten sich die Nymphen nach 20-30 bzw. 23-31 Tagen.

Mit sinkenden Temperaturen verzögert sich die Metamorphose. So häuteten sich bei einer Temperatur von 20°C die Nymphen von Hyalomma anatolicum (SNOW, 1969) und Ixodes ricinus (MacLEOD, 1934) nach 120 bzw. 170 Tagen, von Ixodes hexagonus bei 18°C bzw. 13-17°C nach 32 bzw. 71-77 Tagen (ARTHUR, 1951) und von Hyalomma excavatum bei 17,5°C nach 450-500 Tagen (FELDMAN-MUHSAM, 1964). Durch eine Temperatur von 10°C wurde die Imaginalhäutung von Amblyomma americanum vollständig verhindert (LANCASTER, 1958).

Die relative Luftfeuchtigkeit hat zumindest bei einigen ixodiden Arten einen Einfluß auf die Imaginalmetamorphose.

So häuteten sich weder Ixodes ricinus (MacLEOD, 1934) noch Ixodes hexagonus (ARTHUR, 1951), wenn die Nymphen zwar in Temperaturbereichen von 20-35°C bzw. 13-32°C, jedoch bei relativen Luftfeuchtigkeiten unter 85 bzw. 80 % gehalten wurden.

c) Imagines

Die Überlebenszeiten adulter Schildzecken, die artbedingt unterschiedlich sind, werden ebenfalls durch die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit bestimmt. Der Einfluß der Temperatur ist dabei in den Bereichen von 38-0°C durch eine umgekehrt proportionale Relation gekennzeichnet.

So überlebten nüchterne Imagines von Hyalomma anatolicum eine Temperatur von 38°C und 95 % r.L. durchschnittlich nur 83 Tage (SNOW, 1969), vom Amblyomma americanum unter gleichen Temperaturbedingungen und 85 % r.L. 37 Tage (LANCASTER, 1958). Bei 28°C und 96 % r.L. wurden für Hyalomma dromedarii nach 183-188 Tagen noch eine 50%ige Überlebensrate ermittelt (HAFEZ et al., 1970). Wurden Ixodes persulcatus- (BALASHOV, 1972) bzw. Amblyomma americanum-Zecken (LANCASTER, 1958) bei 25-27°C und hohen Luft-

feuchtigkeiten gehalten, betrug deren maximale Überlebenszeit sogar bis zu 120 bzw. 132 Tage. Die längste Überlebenszeit von 218 Tagen, bis zu 2 Jahren bzw. über 32 Monate wurden für Amblyomma americanum (LANCASTER, 1958), Ixodes persulcatus (BALASHOV, 1972) bzw. Rhipicephalus simus (BRANAGAN und BAILEY, 1968) bestimmt, wenn die Zecken bei 10°C und 85 % r.L., 0-3°C und 98 % r.L. bzw. 17-22°C und 75 % r.L. gehalten wurden.

Die obere kritische Temperatur gibt ebenfalls Hinweise auf die ökologische Toleranzkapazität der Schildzecken. Sie war bei Ixodes ricinus bzw. Ixodes hexagonus mit 32 bzw. 39°C am niedrigsten (LEES, 1947), lag bei Hyalomma savignyi (LEES, 1947) und Dermacentor andersoni (MAIL, 1942) zwischen 45-46°C und erreichte bei Rhipicephalus evertsi (THEILER, 1966) bzw. Hyalomma dromedarii (HAFEZ et al., 1970) sowie Hyalomma asiaticum (BALASHOV, 1972) mit 51 bzw. 52°C die höchsten Werte.

Temperaturen unter dem Gefrierpunkt wurden von allen bisher untersuchten Schildzeckenarten nur kurze Zeit toleriert.

So überlebten adulte Ixodes ricinus-Zecken Temperaturen von -8°C nur 4 Tage und von -10°C lediglich 24 Stunden (MacLEOD, 1935a). Für vollgesaugte Ixodes texanus, Ixodes californicus und Dermacentor andersoni-Zecken wurden kurze Toleranzzeiten bei -5 bis -7°C und im nüchternen Zustand bei -10 bis -14°C angegeben (MAIL, 1942). Temperaturen bis zu -15°C überlebten vollgesaugte Dermacentor pictus-Zecken nur für kurze Zeit. Rhipicephalus bursa-Weibchen starben unter gleichen Temperaturbedingungen schnell ab (ENIGK, 1944a). Nach SCHEIN (1972) kommt es unter Winterbedingungen in Deutschland entweder zu einem fast vollständigen Sistieren der Entwicklung bzw. Absterben von Boophilus annulatus, Hyalomma anatolicum excavatum und Rhipicephalus bursa in allen Stadien.

Der Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit auf die Überlebenszeit

nüchterner adulter Schildzecken ist innerhalb der einzelnen höheren Temperaturbereiche dagegen durch eine direkt proportionale Abhängigkeit bestimmt.

So starben adulte Amblyomma americanum- (LANCASTER, 1958) bzw. Ixodes persulcatus-Zecken (BALASHOV, 1972) bei 38°C und 56-67 bzw. 36°C und 50 % r.L. nach 4-11 bzw. 20-25 Tagen ab. Temperaturen von 25°C und 0 % r.L. wurden von Ixodes ricinus lediglich 1-2 Tage, von Ixodes hexagonus 4 Tage, Amblyomma cajennense 10 Tage und Dermacentor andersoni 27 Tage toleriert (LEES, 1946). Hyalomma anatolicum überlebte 10°C und 0 % r.L. länger als 90 Tage (SNOW, 1969).

Für die Präoviposition und Oviposition besteht im Bereich von 10-40°C ebenfalls eine deutliche direkte zeitliche Korrelation zur Temperatur. Die relative Luftfeuchtigkeit nimmt dagegen nach den bisher vorliegenden Untersuchungen keinen oder lediglich einen geringen und dann nur bei einigen Zeckenarten erkennbaren Einfluß auf die Dauer der Reproduktionsphase. Der thermische Toleranzbereich der Präoviposition wird von einer kritischen Wärme- bzw. Kältezone begrenzt, in denen es nicht zu einer Eiablage kommt.

So war mit 40 bzw. 38°C die obere kritische Temperaturgrenze für Hyalomma aegyptium (SWEATMAN, 1968) bzw. Amblyomma americanum (LANCASTER, 1958) erreicht. Bei Hyalomma anatolicum konnte dagegen bei einer Temperatur von über 40°C nach einer Präovipositionsdauer von 8 Tagen noch eine Eiablage beobachtet werden (SNOW, 1969). Für Boophilus microplus betrug die Präoviposition bei 36°C lediglich 2-3 Tage, aber auch bei 39°C wurde noch eine Eiablage festgestellt (HITCHCOCK, 1955). Bei 30-35°C war die Präoviposition von Hyalomma aegyptium nach 4 Tagen beendet (SWEATMAN, 1968).

Im Temperaturbereich von 25-30°C wurde die Dauer der Präovi-

position von Amblyomma americanum (LANCASTER und McMILLAN, 1955), Dermacentor variabilis (SONENSHINE und TIGNER, 1969), Hyalomma aegyptium (SWEATMAN, 1968) sowie Amblyomma maculatum (DRUMMOND und WHETSTONE, 1970) mit 5-10, 3-5, 9 bzw. 4 Tagen festgelegt. Die Zeitspanne bis zur Eiablage war unter den gleichen Temperaturbedingungen bei Ixodes ricinus mit 8-32 Tagen (MacLEOD, 1935b), bei Ixodes hexagonus mit 7-12 Tagen (ARTHUR, 1951), bei Hyalomma anatolicum mit 13 Tagen (SNOW, 1969) und Dermacentor albipictus mit 12 Tagen (DRUMMOND et al., 1969) deutlich verlängert. Bei 21-24°C wurde für Amblyomma compressum eine Präoviposition von 12 Tagen bestimmt (AESCHLIMANN, 1963). Sehr lange Präovipositionszeiten von 21, 19-39, 24-31 sowie 63 Tagen wurden für Hyalomma aegyptium (SWEATMAN, 1968), Boophilus microplus (HITCHCOCK, 1955), Ixodes hexagonus (ARTHUR, 1951) bzw. Hyalomma anatolicum (SNOW, 1969) ermittelt, wenn die Zecken bei 15-20°C gehalten wurden. Bei einer Temperatur von 10°C betrug die Präovipositionsdauer von Ixodes ricinus (MacLEOD, 1935b) bzw. Ixodes hexagonus (ARTHUR, 1951) 31-33 Tage bzw. 24-31 Tage.

Die kritische untere Temperaturgrenze war für Hyalomma anatolicum (SNOW, 1969) bei 18°C, von Amblyomma americanum (LANCASTER, 1958) sowie Hyalomma aegyptium (SWEATMAN, 1968) bei 10°C erreicht.

Nach Untersuchungen von HITCHCOCK (1955), AESCHLIMANN (1963), SWEATMAN (1968) sowie SONENSHINE und TIGNER (1969) wurde im Temperaturbereich von 15-39°C die Präoviposition von Boophilus microplus, Amblyomma compressum, Hyalomma aegyptium bzw. Dermacentor variabilis durch die relative Luftfeuchtigkeit zeitlich nicht beeinflusst.

LANCASTER und McMILLAN (1955) konnten jedoch feststellen, daß sich bei Amblyomma americanum die Präoviposition umgekehrt proportional zum Sättigungsdefizit verhält.

Auch für Ixodes ricinus (MacLEOD, 1935b) sowie Ixodes hexagonus

(ARTHUR, 1951) war eine deutliche Beeinflussung durch die relative Luftfeuchtigkeit gegeben. Bei beiden Zeckenarten kam es stets erst bei relativen Feuchtigkeiten von mindestens 75 bzw. 80 % zu einer Eiablage, wobei die Präovipositionsphase von Ixodes hexagonus in den hohen Feuchtigkeitsbereichen außerdem durch eine umgekehrt proportionale Korrelation zum Sättigungsdefizit gekennzeichnet war (ARTHUR, 1951). Bei der xerophilen Zecke Hyalomma anatolicum wurde dagegen in Bereichen einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 60-100 % die Oviposition verhindert bzw. verzögert (SNOW und ARTHUR, 1966; SNOW, 1969).

Bei einer Temperatur von 39°C war die Oviposition von Boophilus microplus bereits nach 4 Tagen (HITCHCOCK, 1955) und von Hyalomma anatolicum nach 9-11 Tagen beendet (SNOW, 1969). SWEATMAN (1968) konnte zwar bei Hyalomma aegyptium im Temperaturbereich von 15-35°C eine direkte zeitliche Korrelation der Ovipositionsdauer zur Temperatur ableiten, diese jedoch statistisch nicht absichern. Die Ovipositionsphase schwankte dabei zwischen 1-5 Wochen. Wurden die Zecken bei 27-28°C gehalten, betrug die Ovipositionsdauer von Ixodes hexagonus 16-19 Tage (ARTHUR, 1951), von Amblyomma maculatum durchschnittlich 18 Tage (DRUMMOND und WHETSTONE, 1970) und von Dermacentor variabilis bzw. Amblyomma americanum 9-19 bzw. 10-15 Tage (SONENSHINE und TIGNER, 1969).

Bei 20 bzw. 15°C war die Oviposition von Hyalomma anatolicum auf 26 Tage (SNOW, 1969) bzw. von Ixodes hexagonus auf 32 Tage (ARTHUR, 1951) und von Boophilus microplus auf 44 Tage verlängert (HITCHCOCK, 1955). Nach Untersuchungen von MacLEOD (1935b) und ARTHUR (1951) wurden von Ixodes ricinus bzw. Ixodes hexagonus bei 10°C noch Eier abgelegt, wobei allerdings keine Angaben über die Ovipositionsdauer gemacht werden.

HITCHCOCK (1955), SWEATMAN (1968) sowie SONENSHINE und TIGNER (1969) konnten im Bereich von 15-35°C ebenfalls keine zeit-

liche Beeinflussung der Ovipositionsphase von Boophilus microplus, Hyalomma aegyptium, Dermacentor variabilis bzw. Amblyomma americanum durch die relative Luftfeuchtigkeit feststellen. LANCASTER und McMILLAN (1955) sowie LANCASTER (1958) wiesen dagegen bei Amblyomma americanum nach, daß die Eiablage im Bereich von 30-38°C erst bei relativen Luftfeuchtigkeiten von mehr als 56 % möglich ist.

Über den Einfluß der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit auf die Größe des Eigeleges liegen im Schrifttum bisher nur wenige Hinweise vor.

HITCHCOCK (1955) und ARTHUR (1951) konnten nachweisen, daß die Ovipositionskapazität von Boophilus microplus bzw. von Ixodes hexagonus in hohen und niedrigen Temperaturbereichen bei höheren Sättigungsdefiziten beeinträchtigt ist.

Bei der Embryonalentwicklung besteht ebenfalls eine direkte zeitliche Korrelation zur Temperatur. So schlüpfen die Larven von Boophilus microplus (HITCHCOCK, 1955) und Hyalomma aegyptium (BODENHEIMER, 1934) bei einer Temperatur von 36 bzw. 35°C bereits nach durchschnittlich 14 bzw. 15 Tagen. Für Hyalomma anatolicum war die Embryonalentwicklung bei 36°C dagegen erst nach 23 Tagen abgeschlossen (SNOW, 1969). Sie verlängerte sich bei Ixodes ricinus (MacLEOD, 1935b) bzw. Hyalomma aegyptium (BODENHEIMER, 1934) im Bereich von 25°C auf 22-27 bzw. 27-28 Tage und war bei einer Temperatur von 14-18°C für Ixodes ricinus (MacLEOD, 1935b), Hyalomma aegyptium (BODENHEIMER, 1934) sowie Boophilus microplus (HITCHCOCK, 1955) mit 65-80, 67-72 bzw. 146 Tagen am längsten.

Die relative Luftfeuchtigkeit hat dabei einen entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung und Schlupffähigkeit der Larven.

So waren die Eier von Ixodes hexagonus (ARTHUR, 1951) und Ixodes ricinus (MacLEOD, 1935b) lediglich in einem relativen Luft-

feuchtigkeitsbereich von 90-100 bzw. 80-100 % entwicklungsfähig. Für Amblyomma americanum (LANCASTER und McMILLAN, 1955) und Boophilus microplus (HITCHCOCK, 1955) lagen die entsprechenden Werte mit 73 bzw. 70-100 % etwas niedriger. Nach SONENSHINE und TIGNER (1969) tolerierten die Eier von Amblyomma americanum und Dermacentor variabilis noch relative Luftfeuchtigkeiten von 60-65 bzw. 56 %, wobei allerdings die prozentualen Schlupfraten beeinträchtigt waren. Bei Hyalomma aegyptium ließ sich dagegen noch bei relativen Luftfeuchtigkeiten von 20-40 % ein geringer Larvenschlupf beobachten (BODENHEIMER, 1934).

d) Rhipicephalus sanguineus

Wie in den bisher vorliegenden Untersuchungen zur Entwicklung der postembryonalen Stadien von Rhipicephalus sanguineus übereinstimmend festgestellt wurde (Tab. 2), bestand stets eine direkte zeitliche Korrelation zur Temperatur (NUTTALL, 1915; SAPRE, 1944; SRIVASTAVA und VARMA, 1964).

So schlüpften Larven bei 30°C bereits nach 17-19 Tagen (NUTTALL, 1915), bei 29°C nach 19-21 Tagen, bei 25°C nach 30-35 Tagen (SRIVASTAVA und VARMA, 1964), bei 22°C nach 25-40 Tagen (SAPRE, 1944) sowie bei 12°C nach 75 Tagen (NUTTALL, 1915). Die Untersuchungen wurden dabei nur in Feuchtigkeitsbereichen von 80-100 % (SAPRE, 1944; SRIVASTAVA und VARMA, 1964) bzw. ohne entsprechende Angaben durchgeführt (NUTTALL, 1915). LOMBARDINI (1950) sowie SWEATMAN und KOUSSA (1968) betonten lediglich allgemein, daß für das Überleben der Eier und für den Schlupf hohe Luftfeuchtigkeiten erforderlich sind.

Die Häutung zur Nymphe und zu den Imagines ist ebenfalls von der Temperatur abhängig. Bei 30°C und 29°C war sie bei Nymphen bereits nach 5-8 Tagen (NUTTALL, 1915) bzw. 7-9 Tagen (SRIVASTAVA und

VARMA, 1964) abgeschlossen und verzögerte sich bei 25 und 22°C auf 12-14 (SRIVASTAVA und VARMA, 1964) bzw. 24-30 Tage (SAPRE, 1944).

Die Imaginalhäutung war bei 30 und 29°C mit 11-12 (NUTTALL, 1915) bzw. 12-13 Tagen (SRIVASTAVA und VARMA, 1964) am kürzesten und verlängerte sich bei 25 und 22°C auf 16-24 (SRIVASTAVA und VARMA, 1964) bzw. 30-43 Tage (SAPRE, 1944).

Tab. 2 Entwicklungsdauer von Rhipicephalus sanguineus
bei unterschiedlichen Temperaturen (in Tagen)

Temperatur (°C)	Ei- Larve	Larve- Nymphe	Nymphe- Imago	Autor
12	75	-	-	NUTTALL (1915)
22	25-40	24-30	30-43	SAPRE (1944)
25	30-35	12-14	16-24	SRIVASTAVA und VARMA (1964)
29	19-21	7- 9	12-13	SRIVASTAVA und VARMA (1964)
30	17-19	5- 8	11-12	NUTTALL (1915)

Die Überlebenszeit der nüchternen Larven, Nymphen und auch der Imagines steht ebenfalls in einem umgekehrt proportionalen Verhältnis zur Temperatur.

So verlängerte sich die Überlebenszeit der Larven von maximal 2 Monaten bei 29°C auf 4 Monate bei 25°C (SRIVASTAVA und VARMA, 1964) und auf über 8 Monate bei 15°C (NUTTALL, 1915).

Nach Untersuchungen von FELDMAN-MUHSAM (1964) dagegen lebten die Larven bei 18°C und 90 % r. L. maximal nur 95 Tage.

Die Lebensdauer der Nymphen verlängerte sich von maximal 40 Tagen bei 29°C auf 2 Monate bei 25°C (SRIVASTAVA und VARMA, 1964), auf 3 Monate bei 22°C (NUTTALL, 1915) und auf 6 Monate bei 18°C (FELDMAN-MUHSAM, 1964).

Bei den adulten Zecken war die kritische Temperatur auf Grund der hohen Wasserverluste bei 45°C erreicht (LEES, 1946; THEILER, 1966). Eine Temperatur von 25°C wurde maximal 7 Monate (SRIVASTAVA und VARMA, 1964), von 18°C durchschnittlich 14 Monate (FELDMAN-MUH-SAM, 1964) und von 15°C bis 19 Monate (NUTTALL, 1915) toleriert. Voraussetzung für diese Überlebenszeit war eine relative Luftfeuchtigkeit von mindestens 80 %. Wurden die Zecken dagegen bei 25°C in einem völlig trockenen Milieu aufbewahrt, trat der Tod bereits nach 17 Tagen ein (LEES, 1946). Wasserverluste konnten jedoch schnell wieder ausgeglichen werden, wenn partiell dehydrierte Zecken in relative Luftfeuchtigkeitsbereiche von 84-90 % überführt wurden. Nach Untersuchungen von ENIGK (1944a) sollen Imagines sogar tiefe Temperaturen von -15°C bis -5°C überstehen können.

Das Ovipositionsverhalten von Rhipicephalus sanguineus (Tab. 3) war ebenfalls von der Temperatur abhängig (NUTTALL, 1915; SAPRE, 1944; LOMBARDINI, 1950; SRIVASTAVA und VARMA, 1964; SWEATMAN, 1967; NAGAR, 1968; SWEATMAN und KOUSSA, 1968).

So verkürzte sich die Zeitspanne der Präoviposition von 25 Tagen bei 12°C (NUTTALL, 1915) auf 2-7 Tage bei Temperaturen von 22-30°C (SAPRE, 1944; LOMBARDINI, 1950; SRIVASTAVA und VARMA, 1964; NAGAR, 1968).

Nach Untersuchungen von SWEATMAN (1967) nahm die Präovipositionsdauer im Bereich von 20-15°C um jeweils 3,5 Tage zu, wenn die Temperatur um jeweils 1°C gesenkt wurde. Sie sank dagegen im Bereich von 20-30°C um jeweils einen halben Tag, wenn die Temperatur um 1°C anstieg, war bei 30°C am kürzesten und verlängerte sich wiederum zwischen 30-40°C mit jedem °C um jeweils einen halben Tag.

Ein ansteigendes Sättigungsdefizit hatte im Temperaturbereich zwischen 20-30°C zusätzlich eine geringgradige Verkürzung der Präoviposition zur Folge, bei 15, 35 und 40°C wurde die Dauer der Präovi-

position durch die Luftfeuchtigkeit nicht beeinflusst (SWEATMAN, 1967).

Nach NUTTALL (1915) legten die Weibchen bereits bei 12°C Eier ab, SWEATMAN (1967) konnte dagegen bei Temperaturen unter 15°C keine Oviposition beobachten. Unter 25°C kann die Gesamtdauer der Oviposition bis zu 28 Tagen betragen (LOMBARDINI, 1950), bei Temperaturen von 25-30°C dauert sie lediglich 7-19 Tage (NUTTALL, 1915; SRIVASTAVA und VARMA, 1964; NAGAR, 1968) und ist bei 40°C zwar am kürzesten, doch werden dann nur von wenigen (SWEATMAN, 1967) bzw. keinen Zecken mehr Eier abgelegt (SWEATMAN und KOUSSA, 1968). Die Ovipositionsdauer wird dabei lediglich im Bereich zwischen 20°C und 35°C von der Luftfeuchtigkeit beeinflusst.

Über den Einfluß der Temperatur auf die Ovipositionskapazität liegen nur Untersuchungen von SWEATMAN (1967) vor, der die größten Eigelege im Temperaturbereich zwischen 20-30°C beobachtete. Bei höheren oder niedrigeren Temperaturen war dagegen eine deutliche Verringerung der Gesamteizahl festzustellen. Die Luftfeuchtigkeit hatte dabei keinen Einfluß auf die Eiproduktion.

Tab. 3 Dauer der Präoviposition und Oviposition von Rhipicephalus sanguineus bei verschiedenen Temperaturen (in Tagen)

Temperatur (°C)	Präovi- position	Ovipo- sition	Autor
12	25	-	NUTTALL (1915)
22	3-6	14-18	SAPRE (1944)
20-25	-	21-28	LOMBARDINI (1950)
25	4-7	7-17	SRIVASTAVA und VARMA (1964)
29	3-5	7-17	SRIVASTAVA und VARMA (1964)
20 ± 5	2-5	11-19	NAGAR (1968)
30	3-6	9-15	NUTTALL (1915)

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Zur Verbreitung von Rhipicephalus sanguineus in Deutschland

a) Material und Methoden

Das Vorkommen von Rhipicephalus sanguineus in Deutschland wurde durch Kombinationen folgender Methoden ermittelt:

1. Untersuchung und genaue Artdifferenzierung der an das Gießener Institut für Parasitologie und Parasitäre Krankheiten der Tiere eingesandten Zecken.
2. Stichprobenuntersuchung von Hunden in den Gießener Veterinärkliniken.
3. Zusammenarbeit mit praktizierenden Tierärzten, anderen Veterinär-Parasitologischen Instituten und veterinär-medizinischen Institutionen
4. Bei positiven Befunden - persönliche Besuche von Tierbesitzern, Untersuchung der Tiere, Wohnungen und deren Umgebung sowie möglicher Kontakttiere.

b) Ergebnisse

Wie in der Verbreitungskarte zusammenfassend dargestellt ist, konnte Rhipicephalus sanguineus in:

- | | |
|--|---------------|
| 4. Londorf (Landkreis Gießen) | - 1 Nachweis |
| 5. Gießen | - 4 Nachweise |
| 6. Leihgestern (Landkreis Gießen) | - 1 Nachweis |
| 7. Grünigen (Landkreis Gießen) | - 1 Nachweis |
| 8. Butzbach (Landkreis Friedberg) | - 1 Nachweis |
| 9. Nieder-Mörlen (Landkreis Friedberg) | - 1 Nachweis |
| 10. Weilburg (Kreis Weilburg) | - 1 Nachweis |
| 11. Raunheim (Landkreis Groß-Gerau) | - 2 Nachweise |

13. Frankfurt	- 2 Nachweise
14. Bruchköbel (Landkreis Hanau)	- 1 Nachweis
16. Mannheim	- 1 Nachweis
17. Weinheim (Landkreis Mannheim)	- 1 Nachweis
18. Grossachsen (Landkreis Mannheim)	- 1 Nachweis
19. Dossenheim (Landkreis Heidelberg)	- 2 Nachweise
20. Ziegelhausen (Landkreis Heidelberg)	- 2 Nachweise
21. Heidelberg	- 3 Nachweise
22. Bammental (Landkreis Heidelberg)	- 1 Nachweis
23. Neckargemünd (Landkreis Heidelberg)	- 1 Nachweis

sicher differenziert werden.

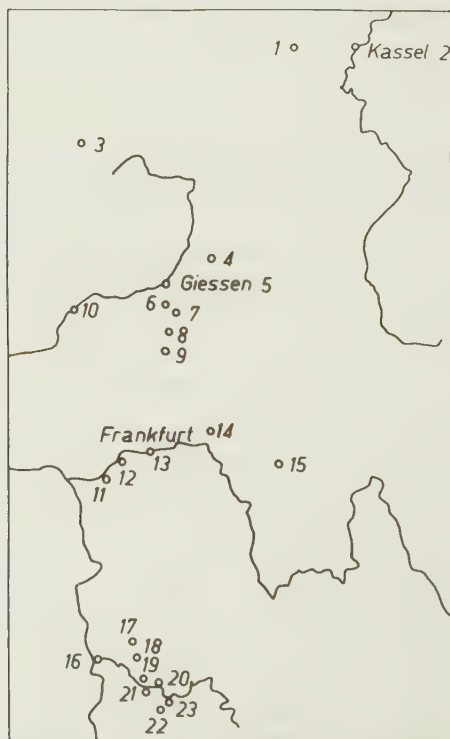


Abb. 1 Fundstellen (o) von *Rhipicephalus sanguineus* in Hessen und angrenzenden Gebieten (Zeichenerklärung im Text)

In zwei anderen Fällen (Istha, Landkreis Wolfhagen (Nr. 1), Kassel (Nr. 2), Erndtebrück, Kreis Berleburg (Nr. 3), Kelsterbach, Kreis Groß-Gerau (Nr. 12) sowie Schöllkrippen, Landkreis Alzenau (Nr. 15)) wurde auf Grund eines ausschließlich im Winter bei Hunden und in der Wohnung auftretenden Zeckenbefalles ein Vorkommen von Rhipicephalus sanguineus vermutet.

Eine parasitologische Bestätigung war nicht möglich, da die betreffenden Tiere und Wohnungen sofort mit Akariziden behandelt wurden und daher eigene Untersuchungen negativ verliefen.

c) Diskussion

Bei der epizootiologischen Diskussion zur Verbreitung von Rhipicephalus sanguineus in Hessen und angrenzenden Gebieten muß von einem enzootisch konzentrierten Vorkommen dieser Zeckenart im Raum Oberhessen und Heidelberg ausgegangen werden.

So ließen sich die Nachweise (4-14) in Hessen stets auf einen Aufenthalt der betroffenen Hunde in Tierkliniken zurückführen, deren Hundestallungen vorübergehend mit Rhipicephalus sanguineus infestiert waren. Ein Zeckenbefall wurde nämlich ausschließlich nach einer stationären Behandlung in einer dieser Kliniken festgestellt. Da während des sehr langen Zeitraumes dieser Zeckeninfestation zahlreiche Hunde in den betreffenden Tierkliniken stationär behandelt wurden, ist die Annahme berechtigt, daß mehr Tiere, als in dieser Untersuchung ermittelt werden konnte, von diesen Zecken befallen wurden und damit sicherlich neue, bisher noch unbekannte enzootische Herde entstanden sind und von diesen ausgehend weitere entstehen können.

Das in Istha, Kassel und Erndtebrück auf Grund des während der Wintermonate beobachteten Zeckenbefalls vermutete Auftreten von

Rhipicephalus sanguineus ist, obwohl eine gesicherte Artdifferenzierung nicht möglich war, ebenfalls auf einen stationären Aufenthalt der Hunde in Tierkliniken zurückzuführen. Der Ursprung dieser enzootischen Manifestation konnte nicht exakt geklärt werden.

Im Raum Heidelberg (16-23) muß eine Hundeschule als enzootischer Fokus angenommen werden, da alle Wirtstiere mit dieser Hundeschule Kontakt hatten und deren Besitzer lang- und ganzjährige Zeckeninfestationen bestätigte.

Die genaue Herkunft der Zecken in diesem Gebiet konnte zwar nicht geklärt werden, doch müssen Hunde amerikanischer Militär- und Zivilpersonen als primäre Zeckenträger in Betracht gezogen werden, da durch die Massierung von amerikanischem Personal potentielle Kontaktmöglichkeiten mit enzootischen Gebieten häufiger gegeben sind und außerdem medizinische Untersuchungsstellen der US-Streitkräfte in Heidelberg ein häufiges Auftreten von Rhipicephalus sanguineus in ihrem Zuständigkeitsbereich bestätigten.

Eine Infestation von Hunden amerikanischer Militär- und Zivilpersonen besteht dabei wahrscheinlich seit längerer Zeit, da ENIGK (1972) bereits 1958 diese Zeckenart bei einem Hund eines amerikanischen Offiziers aus dem Raum Karlsruhe nachweisen konnte.

Das in Raunheim/Main (11) festgestellte Auftreten von Rhipicephalus sanguineus konnte epizootiologisch eindeutig geklärt werden. Die betreffenden Hunde waren stets unter Umgehung der veterinärpolizeilichen Kontrollen mit dem Flugzeug direkt aus Indien eingeführt worden.

Für die gesicherten Nachweise in Weinheim (17) und Dossenheim (19) sowie das vermutete Auftreten in Kelsterbach (12) und Schöllkrippen (15) war eine epizootiologische Bezugnahme nicht möglich.

Obwohl die Primärinfestationen von Rhipicephalus sanguineus in Oberhessen und im Raum Heidelberg epizootiologisch nicht geklärt werden konnten,

ist der Ursprung sicherlich auf direkte Kontaktnahmen der Wirtstiere in enzootischen Gebieten zurückzuführen. Diese sind, bedingt durch den Massentourismus, insbesondere in Länder des Mittelmeerraumes und durch den intensiven Reiseverkehr amerikanischer Militär- und Zivilpersonen von den USA und anderen US-Stützpunkten nach Deutschland, häufig gegeben und werden auf Grund unzulänglicher bzw. fehlender veterinärpolizeilicher Kontrollvorschriften und -maßnahmen nicht erfaßt und damit nicht unterbunden.

So werden weder von deutschen noch amerikanischen Veterinärbehörden entsprechende Untersuchungen oder Quarantänemaßnahmen für nach Deutschland eingeführte Hunde verlangt.

Die deutschen Behörden fordern auf Grund der Verordnung über die Ein- und Durchfuhr von Hunden und Katzen vom 20.12.1967 in der Fassung der Verordnung vom 5.7.1968 lediglich Gesundheitsbescheinigungen, die sich ausschließlich auf kontagiöse Infektionskrankheiten beziehen. Kontrollen auf Ektoparasiten sind dabei nicht vorgesehen. Lediglich das Viehseuchengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 27.2.1969 gibt dem § 7 (1), 2 die Möglichkeit, eingeführte Tiere, die Träger von Ansteckungsstoff sein können, einer bestimmten Behandlung zu unterziehen. Diese Vorschriften reichen, wie die vorliegenden Untersuchungen gezeigt haben, nicht aus, um eine enzootische Manifestation und epizootische Ausbreitung von Rhipicephalus sanguineus zu verhindern.

Da diese Zeckenart in ihrer Funktion als potentieller Überträger von Rickettsien und Protozoen bei Menschen und Tieren von großer epizootiologischer und epidemiologischer Bedeutung ist und bereits Infestationen von Menschen in Bruchköbel, Heidelberg und Grossachsen nachgewiesen wurden, ist es unbedingt notwendig, daß der Gesetzgeber entsprechende neue und wirksame Vorschriften, die auch für amerikanische Militärpersonen gültig sein müssen, erläßt und deren Durchführung gewährleistet.

2. Zur Ökologie von Rhipicephalus sanguineus

a) Material und Methoden

Zur Feststellung der ökologischen Toleranzkapazität eines in Deutschland (Gießen) gefundenen und weitergezüchteten Rhipicephalus sanguineus-Stammes wurden alle postembryonalen Stadien dieser dreiwirtigen Zeckenart im nüchternen und vollgesaugten Zustand unterschiedlichen Kombinationen von jeweils -10, -5, +10, +20, +30 bzw. + 40°C und relativen Luftfeuchtigkeiten von 15, 50 bzw. 90 % ausgesetzt.

Als Ausgangsmaterial für die Versuchsreihen wurden Zecken verwendet, die im Brutschrank bei einer Temperatur von $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 90 % aufbewahrt und gehalten wurden.

Als Wirtstiere dienten den Larven 6-8 Wochen alte Kaninchen, den Nymphen sowie Imagines 9-10 Wochen alte, aus der Institutszucht stammende Beagles. Die Infestation der Versuchstiere erfolgte in Plastikbehältern, die mit Brettern ausgelegt und, zur Kontrolle der Zecken, an den Außenrändern mit Klebestreifen versehen, in Wasser gefüllte Wannen gestellt wurden. Nach der Blutaufnahme wurden die Zecken aus dem Wasser und vom Boden der Behälter gesammelt, auf Filterpapier getrocknet und sofort in die entsprechenden Temperatur- und Feuchtigkeitsbereiche überführt. Zur Standardisierung des Zeckenmaterials bzw. Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wurden die nüchternen Zeckenstadien (Larven, Nymphen, Imagines) stets erst 7 Tage nach dem Schlupf bzw. Häutung verwendet.

Für jede Versuchsreihe wurden 100 Zecken des jeweiligen Stadiums geprüft. Lediglich in den niedrigen Temperaturbereichen von -5 und -10°C wurden je 10 Adulte sowie 50 vollgesaugte Larven bzw. Nymphen einbezogen.

Der Einfluß der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit auf die Oviposition wurde jeweils an 5-6 weiblichen Zecken untersucht.

Die nüchternen Larven und Nymphen wurden mit einem feinen Pinsel, die vollgesaugten Stadien bzw. Adulten mit einer Federpinzette in die Behälter überführt.

Zur Feststellung der Mortalität wurden die einzelnen Zeckenkollektive unter einem Binokular (Leitz, Wetzlar) untersucht. Die Zecken wurden als tot bewertet, wenn selbst nach Stimulation durch CO₂ bzw. mit einer Präpariernadel keine Eigenbewegung der Beine induziert werden konnte.

Für die Überlebenszeit der nüchternen Larven und Nymphen wurde der Mittelwert ($\bar{x}$) sowie die Standardabweichung (s) errechnet.

Die Dauer der Häutung wurde durch Bestimmung des Mittelwertes aus den täglichen Schlupfraten der Nymphen bzw. Adulten festgelegt.

In den niedrigen Temperaturbereichen von -5°C und -10°C wurde täglich eine Gruppe von 50 Zecken entnommen, in eine Temperatur von 27°C bei 90 % r.L. überführt und anschließend deren Schlupfrate ausgezählt.

Zur Auswertung der Ovipositionskapazität wurden die täglichen Ei-gelege der Zecken in Klimaschränke mit 27°C und 90 % r.L. gebracht und anschließend die Schlupfrate der Larven bestimmt.

Die relativen Luftfeuchtigkeitsbereiche von 15, 50 bzw. 90 % wurden in luftdichten Exsikkatoren durch gesättigte Lithiumchlorid-, Ammoniumnitratlösungen bzw. Wasser eingestellt (WINSTON und BATES, 1960). Um einen Luftaustausch zwischen den Zecken und dem betreffenden Milieu zu gewährleisten, wurden die Behälter mit einer der Größe der Zecken entsprechenden weitmaschigen Stoff verschlossen.

Die Prüfung der Zecken in Temperaturbereichen von -10°C erfolgte in einem Kryostaten (Haake, Berlin), von -5 , $+10$ sowie $+20^{\circ}\text{C}$ in Klimaschränken (Weiss, Gießen) und von $+30$ und $+40^{\circ}\text{C}$ in Brutschränken (Heraeus, Hanau). Die Konstanz der Temperaturen sowie der relativen Luftfeuchtigkeiten wurde mit Thermohygrographen verfolgt und überprüft.

b) Ergebnisse

1.) Überlebenszeit nüchterner Rhipicephalus sanguineus-Larven unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen

Wie in Tabelle 4 sowie den Abb. 2 und 4 zusammenfassend dargestellt ist, bestand für die Überlebenszeit nüchterner Rhipicephalus sanguineus-Larven eine direkt proportionale Abhängigkeit zur relativen Luftfeuchtigkeit im Bereich zwischen 10 und 40°C und eine umgekehrt proportionale Relation zur Temperatur.

So verlängerte sich die Überlebenszeit im Feuchtigkeitsbereich von 15% von 1.9 Tagen bei 40°C auf 5.1 bei 30°C , 11.2 Tage bei 20°C und 27.7 Tage bei 10°C . Wurden die Larven bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50% gehalten, erhöhten sich die entsprechenden Werte auf 4.9 ; 7.8 ; 27.8 bzw. 40.9 Tage. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 90% wurden mit 14.4 ; 30.2 ; 66.5 ; 73.7 Tagen die längsten Überlebenszeiten ermittelt.

Eine Temperatur von -5°C tolerierten bis zum 3. Tag alle Larven, bis zum 4. Tag 86% , zum 5. Tag 64% , zum 6. Tag 50% , am 7. Tag waren alle abgestorben. Nach Aufbewahrung bei -10°C wurden alle Larven innerhalb von 24 Stunden abgetötet.

Tab. 4 Überlebenszeiten nüchterner Rhipicephalus sanguineus-Larven (in Tagen) unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen

15 % r. L.	10°C	20°C	30°C	40°C
$\bar{x}$	27,7	11,2	5,1	1,9 (Tg)
s	2,83	1,48	0,55	0,36
(Min-Max)	19-33	7-14	4-6	1-2 (Tg)
50 % r. L.	10°C	20°C	30°C	40°C
$\bar{x}$	40,9	21,8	7,8	4,8 (Tg)
s	4,60	2,34	0,69	0,36
(Min-Max)	31-48	16-26	6-9	4-5 (Tg)
90 % r. L.	10°C	20°C	30°C	40°C
$\bar{x}$	73,7	66,5	30,2	14,5 (Tg)
s	13,21	13,47	5,97	1,11
(Min-Max)	41-90	60-81	18-42	12-16 (Tg)

$\bar{x}$ = Mittelwert

s = Standardabweichung

Min-Max = minimale bzw. maximale Überlebenszeit

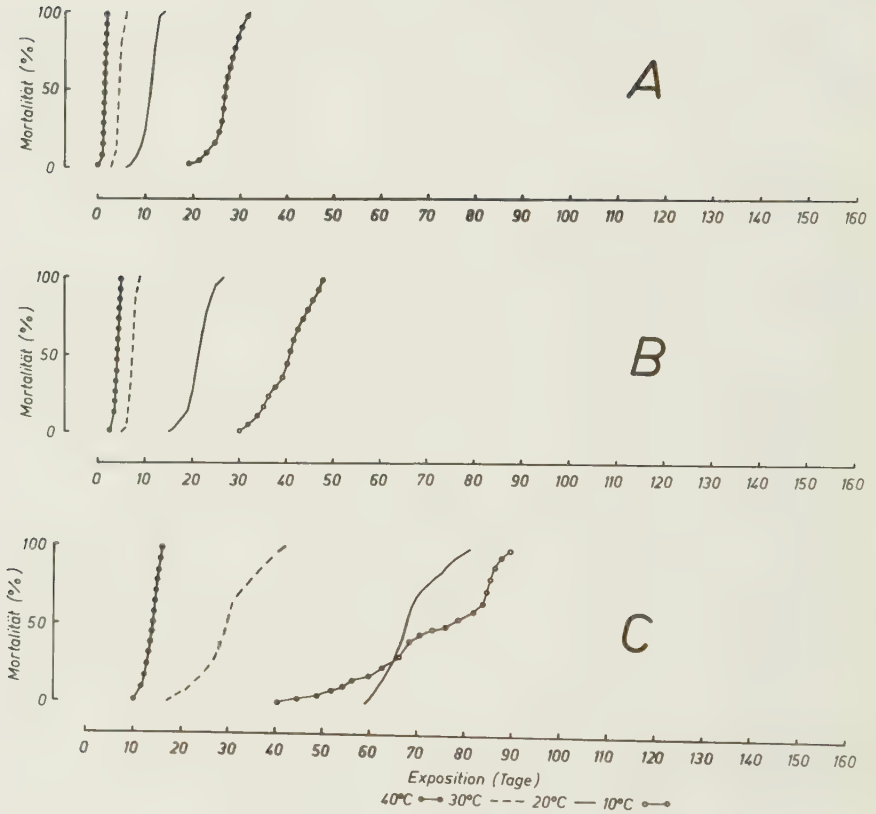


Abb. 2: Darstellung der Lebensdauer nüchterner Rhipicephalus sanguineus-Larven bei 15 % (A), 50 % (B) sowie 90 % r. L. (C) und verschiedenen Temperaturen

2.) Häutungsdauer und Häutungsraten von Rhipicephalus sanguineus-Larven unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen

Auch für die Dauer sowie die Häutungsraten der Metamorphose war im Bereich von 20-40°C, trotz geringfügiger Unterschiede eine umgekehrt proportionale Abhängigkeit von der Temperatur ableitbar (Tab. 5). So verlängerte sich die Häutungsdauer mit sinkender Temperatur von 4-5,5 Tagen bei 40°C auf 5-7 Tage bei 30°C und 19-26 Tage bei 20°C. Die relativen Luftfeuchtigkeiten hatten dagegen nur einen geringfügigen Einfluß auf die Dauer des Häutungsprozesses. Eine Verringerung des Sättigungsdefizits führte zu einer statistisch zwar nicht abzusichernden Verlängerung der Häutungsdauer.

Die Häutungsraten wurden weder von der Temperatur noch von der relativen Luftfeuchtigkeit beeinflusst, lediglich im Bereich von 40°C kam es mit steigendem Sättigungsdefizit zu einer deutlichen prozentualen Abnahme der Häutungskapazität. Bei Temperaturen unter 20°C fand keine Häutung mehr statt.

Bei 10°C überlebten die vollgesaugten Larven bei 90 % r.L. maximal 156 Tage, bei 50 % r.L. 70 Tage und 15 % r.L. 48 Tage. Wurden nach 40, 60, 80 und 100 Tagen einige Larven aus diesen Temperaturbereichen in Klimaschränke von 27°C und 90 % r.L. verbracht, häuteten sie sich alle in einer diesen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen entsprechenden Zeitspanne von 6-8 Tagen zu Nymphen.

Nach 1, 2 und 3 tägigem Aufenthalt der Larven bei -5°C und anschließender Überführung in eine Temperatur von 27°C bei 90 % r.L. häuteten sich dagegen nur noch 70, 20 bzw. 0 %. Temperaturen von -10°C wurden von vollgesaugten Rhipicephalus sanguineus-Larven nicht mehr toleriert.

Tab. 5 Häutungsdauer und -raten von *Rhipicephalus sanguineus*-Larven unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen

	Häutungsdauer (Tage)	Häutungsrate (%)
<u>-10°C</u>	-	0 %
<u>- 5°C</u>	-	0 %
<u>10°C</u>		
15 % r. L.	-	0 %
50 % r. L.	-	0 %
90 % r. L.	-	0 %
<u>20°C</u>		
15 % r. L.	19-23 ($\bar{x}$ = 22, 1)	98 %
50 % r. L.	21-23 ($\bar{x}$ = 22, 4)	98 %
90 % r. L.	24-26 ($\bar{x}$ = 22, 8)	99 %
<u>30°C</u>		
15 % r. L.	5-5, 5	99 %
50 % r. L.	5-6	100 %
90 % r. L.	6-7	100 %
<u>40°C</u>		
15 % r. L.	4-4, 5	46 %
50 % r. L.	4-4, 5	90 %
90 % r. L.	5-5, 5	99 %

Kontrollen bei

27°C/90 % r. L. : 6-8 Tage

3.) Überlebenszeit nüchterner Rhipicephalus sanguineus-Nymphen unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen

Die Überlebenszeiten der unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen gehaltenen nüchternen Rhipicephalus sanguineus-Nymphen (Tab. 6; Abb. 3, 4) zeigten eine den Larven entsprechende qualitativ gleiche Abhängigkeit von diesen abiotischen Faktoren. Es bestanden lediglich quantitative Unterschiede in der Überlebenszeit, die bei Nymphen, bis auf den Wert bei 10°C und 15 % r.L., stets deutlich größer waren.

So betrug die Überlebenszeit im Feuchtigkeitsbereich von 15 % r.L. 4.7 Tage bei 40°C, 6.3 Tage bei 30°C und 27.6 Tage bei 20°C. Diese Werte erhöhten sich bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % auf 7.8 Tage, 20.3 Tage und 45.1 Tage bzw. erreichten 73.3 Tage bei 10°C. Mit dem niedrigsten Sättigungsdefizit wurden die höchsten durchschnittlichen Überlebenszeiten von 25.5 Tagen bei 40°C, 35.3 bei 30°C, 92.1 bei 20°C und 93.3 bei 10°C ermittelt.

Die Mortalitätsraten bei tiefen Temperaturen lagen niedriger als bei Larven. Sie betrugen nach einem Aufenthalt von 3 Tagen bei -5°C - 0 %, von 4 Tagen 3 %, von 5 Tagen 32 %, von 6 Tagen 59 %, von 7 Tagen 85 % und von 8 Tagen 100 %.

Von allen Nymphen wurde selbst eine Exposition von -10°C für 3 Tage toleriert. Eine längere Aufbewahrung ergab stets eine 100 %ige Mortalität.

4.) Häutungsdauer und Häutungsraten von Rhipicephalus sanguineus-Nymphen unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen

Die Imaginalhäutung wurde in ihrem zeitlichen Ablauf zwar ebenfalls umgekehrt proportional von der Temperatur beeinflusst, doch be-

Tab. 6 Überlebenszeiten nüchterner Rhipicephalus sanguineus-
Nymphen (in Tagen) unter verschiedenen Temperatur- und
Feuchtigkeitsbedingungen.

15 % r. L.	10°C	20°C	30°C	40°C
$\bar{x}$	17,6	27,6	6,3	4,7 (Tg)
s	5,63	3,22	1,31	0,73
(Min-Max)	8-30	21-35	4-9	3-6 (Tg)
50 % r. L.	10°C	20°C	30°C	40°C
$\bar{x}$	73,3	45,1	20,3	7,8 (Tg)
s	15,41	3,72	2,38	0,74
(Min-Max)	40-105	37-52	14-24	6-9 (Tg)
90 % r. L.	10°C	20°C	30°C	40°C
$\bar{x}$	93,3	92,1	35,3	25,5 (Tg)
s	27,8	14,87	6,55	2,82
(Min-Max)	41-141	66-121	23-46	19-29 (Tg)

$\bar{x}$ = Mittelwert

s = Standardabweichung

(Min-Max) = minimale bzw. maximale Überlebenszeit

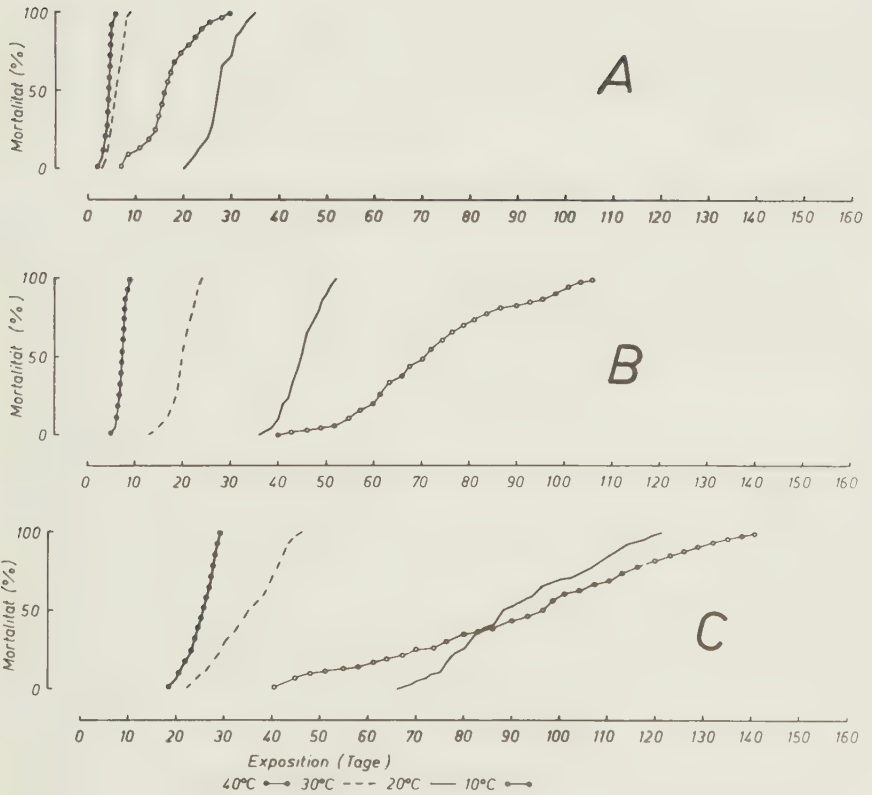


Abb. 3 Darstellung der Lebensdauer nüchterner Rhipicephalus sanguineus-Nymphen bei 15 % (A), 50 % (B) sowie 90 % r.L. (C) und verschiedenen Temperaturen

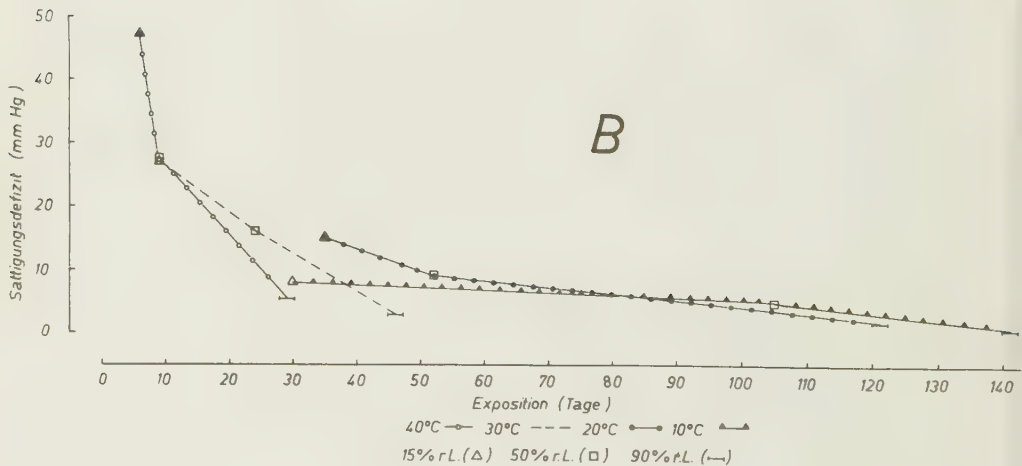
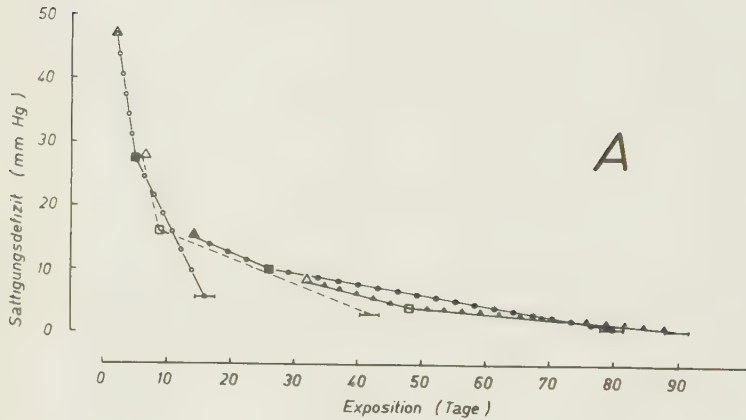


Abb. 4 Darstellung des Zeitpunktes der 100 %igen Mortalität nüch-
terner Rhipicephalus sanguineus-Larven (A) und -Nymphen
(B), bezogen auf die Sättigungsdefizite (mm Hg) bei verschie-
denen Temperaturen (10, 20, 30 bzw. 40°C) und relativen Luft-
feuchtigkeiten (15, 50 bzw. 90 % r. L.).

stand, im Vergleich zu den Larven, eine deutliche Verzögerung (Tab. 7). So verlängerte sich die Häutungsdauer mit abfallender Temperatur von 7-10 Tagen bei 40°C auf 10-16 Tage bei 30°C und erreichte mit 39-123 Tagen bei 20°C ihre Höchstwerte.

In den einzelnen Temperaturbereichen war dabei lediglich eine geringe zeitliche, durch das Sättigungsdefizit bestimmte Beeinflussung gegeben. Mit zunehmender relativer Luftfeuchtigkeit verlängerte sich die Dauer der Imaginalmetamorphose.

In Übereinstimmung mit den Befunden bei Larven hatten Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit keinen oder einen nur geringen Einfluß auf die Häutungsraten. Lediglich im Bereich von 40°C kam es mit steigendem Sättigungsdefizit zu einer prozentualen Abnahme. Wurden die vollgesaugten Nymphen bei 20°C inkubiert, kam es in jedem Feuchtigkeitsbereich zu einer deutlichen Abnahme der Häutungsraten.

Bei Temperaturen unter 20°C fand keine Häutung mehr statt. Bei 10°C und 90 bzw. 50 % r.L. wurde eine maximale Überlebenszeit mit 152 bzw. 139 Tagen ermittelt, ohne jedoch aus technischen Gründen den genauen Endpunkt bestimmen zu können. Für 15 % r.L. betrug dieser Wert 191 Tage. Wurde aus allen drei Feuchtigkeitsbereichen Nymphen am 80. und 100. Tag in 27°C und 90 % r.L. überführt, häuteten sich alle in einer diesen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen entsprechenden Zeitspanne von 14-16 Tagen zu Imagines.

Nach 1-, 2- bzw. 3-tägiger Aufbewahrung der vollgesaugten Nymphen bei -5°C und anschließender Inkubation von 27°C und 90 % r.L., häuteten sich dagegen nur 90, 15 bzw. 4 %. Eine eintägige Temperatureinwirkung von -10°C überlebten noch 20 % der Nymphen, die jedoch nicht mehr imstande waren, sich in optimalen Temperatur- und Feuchtigkeitsbereichen zu häuten.

Tab. 7 Häutungsdauer und Häutungsraten von Rhipicephalus sanguineus-Nymphen unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen

	Häutungsdauer (Tage)	Häutungsrate (%)
<u>-10°C</u>	-	0 %
<u>- 5°C</u>	-	0 %
<u>10°C</u>		
15 % r. L.	-	0 %
50 % r. L.	-	0 %
90 % r. L.	-	0 %
<u>20°C</u>		
15 % r. L.	39-115 ($\bar{x}$ = 59, 3)	84 %
50 % r. L.	40-123 ($\bar{x}$ = 60, 8)	91 %
90 % r. L.	48-110 ($\bar{x}$ = 62, 6)	81 %
<u>30°C</u>		
15 % r. L.	10- 14	99 %
50 % r. L.	11- 14	100 %
90 % r. L.	10- 16	99 %
<u>40°C</u>		
15 % r. L.	7- 9	88 %
50 % r. L.	7- 9	85 %
90 % r. L.	8 - 10	98 %

Kontrollen bei

27°C/90 % r. L. : 14-16 Tage

5.) Reproduktionskapazität weiblicher Rhipicephalus sanguineus-Zecken unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen.

Die Reproduktionskapazität weiblicher Rhipicephalus sanguineus-Zecken (Tab. 8, 9, 10) war in Bezug auf die Präoviposition, Oviposition, Größe des Eigeleges sowie Schlupfrate im Bereich von 20-40°C deutlich mit der Temperatur korreliert. So verkürzten sich mit zunehmender Temperatur die Präoviposition und Ovipositionsdauer von 13-17 bzw. 18-20 Tage bei 20°C auf 3-4 bzw. 10-13 Tage bei 30°C und 3 bzw. 11 Tage bei 40°C. Die Ovipositionskapazität sowie die Schlupfrate waren dabei im Bereich von 30°C am größten bzw. höchsten und entsprachen ungefähr den Kontrollwerten, fielen bei 20°C etwas ab und waren bei nur 4 eierlegenden Zecken, die bei 40°C gehalten wurden, am niedrigsten bzw. betrugen 0 %.

Die Embryonalentwicklung der täglich während der Oviposition in 27°C und 90 % r.L. überführen Eier war mit 21-26 Tagen stets konstant, unabhängig davon, in welchen Temperatur- und Feuchtigkeitsbereichen die adulten Zecken gehalten wurden.

Die Reproduktionskapazität der weiblichen Zecken wurde von der relativen Luftfeuchtigkeit lediglich im Temperaturbereich von 40°C beeinflusst.

Wurden die Zecken bei 15 bzw. 50 % r.L. gehalten, starben alle, bis auf eine Zecke, nach 34-48 Tagen ohne Eiablage ab. Bei 90 % r.L. wurde nur eine geringe Zahl nicht embryonierungsfähiger Eier abgelegt.

Nach Aufbewahrung der Zecken bei 10°C und 15 %, 50 bzw. 90 % r.L. wurden keine Eier mehr abgelegt. Die Zecken behielten jedoch selbst nach permanenter Exposition von 70 Tagen ihre normale Ovipositionspotenz, da es nach Überführung in 27°C und 90 % r.L. in

einer diesen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen entsprechenden Zeitspanne zu einer normalen Eiablage und durchschnittlichen Schlupfraten kam. Ihre maximale Überlebenszeit betrug dabei lediglich 75 Tage.

Wurden die Zecken einer Temperatur von -5°C für 1 Tag ausgesetzt, war nur noch 1 Weibchen nach Überführung in 27°C und 90 % r.L. fähig, Eier in dem entsprechenden Zeitraum abzulegen. Die Größe des Eigeleges sowie dessen Schlupfrate entsprach dabei den für diese Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen typischen Werten. Längere Expositionen unter diesen Temperaturbedingungen bzw. eine Temperatur von -10°C wurden nicht toleriert.

Für die maximale Überlebenszeit nüchterner männlicher und weiblicher Rhipicephalus sanguineus-Zecken bestand eine direkt bzw. indirekt proportionale Abhängigkeit zur Temperatur bzw. relativen Luftfeuchtigkeit. So verlängerte sich diese Zeitspanne von 47, 41 und 19 Tagen, wenn die Zecken bei 40°C und 90, 50 bzw. 15 % r.L. gehalten wurden, auf 164, 102 und 65 Tage bei 30°C und 90, 50 bzw. 15 % r.L.. Bei 20 und 10°C konnte aus technischen Gründen lediglich bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 15 % eine Überlebenszeit von 220 bzw. 208 Tagen ermittelt werden.

Temperaturen von -5 und -10°C wurden maximal für 10 bzw. 6 Tage toleriert.

Tab. 8 Darstellung der Reproduktionsphase von *Rhipicephalus sanguineus*-Weibchen bei 15 % r. L. und 20, 30 sowie 40°C und der Embryonalentwicklung nach Überführung in 27°C und 90 % r. L. (in Tagen)

Zecke Nr.	Präoviposition			Oviposition			Gesamtzahl der Eier			% geschlüpfter Larven (27°C - 90 % r. L.)		
	20°C	30°C	40°C	20°C	30°C	40°C	20°C	30°C	40°C	(20°C)	(30°C)	(40°C)
1	+	3	nach 34 Tg +	-	13	-	-	2304	-	-	84,5%	-
2	11	3	nach 38 Tg +	26	13	-	1400	2250	-	79 %	86 %	-
3	13	3	nach 39 Tg +	6	14	-	380	1285	-	85 %	78 %	-
4	16	3	nach 43 Tg +	28	12	-	1562	1790	-	91,5%	92 %	-
5	+	3	nach 46 Tg +	-	13	-	-	1615	-	-	64 %	-
6	-	3	-	-	12	-	-	2574	-	-	94 %	-

Darstellung der Reproduktionsphase von *Rhipicephalus sanguineus*-Weibchen bei 50 % r. L. und 20, 30 sowie 40°C und der Embryonalentwicklung nach Überführung in 27°C und 90 % r. L. (in Tagen)

Zecke Nr.	Präoviposition			Oviposition			Gesamtzahl der Eier			% geschlüpfter Larven (27°C - 90 % r. L.)		
	20°C	30°C	40°C	20°C	30°C	40°C	20°C	30°C	40°C	(20°C)	(30°C)	(40°C)
1	15	4	3	15	10	2	650	1481	80	87 %	77 %	0%
2	10	4	nach 38 Tg +	34	9	-	1715	1478	-	82 %	94,5%	-
3	16	4	nach 38 Tg +	18	8	-	1005	1631	-	83 %	82,5%	-
4	27	3	nach 48 Tg +	3	8	-	79	1569	-	80 %	64 %	-
5	+	3	nach 37 Tg +	-	8	-	-	1470	-	-	81,5%	-

+ : Zecke innerhalb einer Woche gestorben

Tab. 9 Darstellung der Reproduktionsphase von Rhipicephalus sanguineus-Weibchen bei 90 % r. L. und 20, 30 sowie 40°C und der Embryonalentwicklung nach Überführung in 27°C und 90 % r. L. (in Tagen)

Zecke Nr.	Präoviposition				Oviposition				Gesamtzahl der Eier		% geschlüpfter Larven		
	20°C	30°C	40°C	20°C	30°C	40°C	20°C	30°C	40°C	(20°C - 90 % r. L.)	(20°C)	(30°C)	(40°C)
1	15	+	3	6	-	12	956	-	520	-	80%	-	0%
2	13	4	3	21	10	10	984	1308	482	-	85%	84%	0%
3	+	4	3	-	11	10	-	1724	275	-	-	89%	0%
4	14	4	3	27	10	10	1600	1094	440	-	83%	79%	0%
5	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	4	-	-	14	-	-	2041	-	-	-	92,5%	-

Kontrollen: 27°C und 90 % r. L.

Zecke Nr.	Präoviposition		Oviposition	Gesamtzahl der Eier		% geschlüpfter Larven
	20°C	30°C		20°C	30°C	
1	4	15	2282	85%		
2	5	14	1650	91%		
3	5	15	1895	82%		
4	4	13	1420	79%		
5	4	16	1285	84%		

+ : Zecke innerhalb einer Woche gestorben.

Tab. 10 Darstellung der Durchschnittswerte der Präovipositions- u. Ovipositionszeit (in Tagen), der Eizahl und deren Schlupfraten (%) unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen

	Präoviposition	Oviposition	Eizahl	Schlupfrate (%)
<u>-10°C</u>	-	-	-	-
<u>- 5°C</u>	-	-	-	-
<u>10°C</u>				
15% r. L.	-	-	-	-
50% r. L.	-	-	-	-
90% r. L.	-	-	-	-
<u>20°C</u>				
15% r. L.	13, 3	20, 0	1114	85, 5%
50% r. L.	17, 0	17, 5	862	83, 0%
90% r. L.	14, 0	18, 0	1180	82, 6%
<u>30°C</u>				
15% r. L.	3, 0	12, 8	1969	83 %
50% r. L.	3, 7	8, 7	1525	79, 3%
90% r. L.	3, 6	10, 5	1541	86 %
<u>40°C</u>				
15% r. L.	-	-	-	0 %
50% r. L.	-	-	-	0 %
90% r. L.	3, 3	10, 5	429	0 %
Kontrolle				
27°C/90% r. L.	4, 4	14, 6	1706	84, 2%

c) Diskussion

Die existentielle Sicherung eines Organismus sowie sein Propagationsvermögen sind von der Fähigkeit abhängig, ein bestimmtes Spektrum abiotischer und biotischer Umweltsbedingungen zu tolerieren, dessen Teilfaktoren in ihrer Intensität bis zum Exzess bzw. Defizit qualitativ und quantitativ variieren können. Damit wird jede, den jeweiligen Toleranzbereich überschreitende Beanspruchung des Organismus zu dessen limitierenden Faktor.

Von den abiotisch einflußnehmenden Größen sind dabei insbesondere die Temperatur und die Feuchtigkeit als das Überlebenspotential bestimmende Ökofaktoren zu werten, die bei Zecken, trotz besonderer Regulations- und Kompensationsmechanismen (LEES, 1946; BROWNING, 1954; BELOZEROV und SERAFIN, 1960; KNÜLLE, 1966; HAFEZ et al., 1970; BALASHOV, 1972), deren Reaktionskapazität einzuschränken vermögen.

Wie aus den vorliegenden Untersuchungen zur ökologischen Reaktionsbreite von Rhipicephalus sanguineus eindeutig hervorgeht, wird die existentielle Sicherung auch dieser Zeckenart sowie deren Entwicklungs- und Reproduktionsvermögen von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit bestimmt. Diese Beeinflussung ist dabei allgemein durch eine direkt proportionale Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit und eine umgekehrt proportionale Relation zur Temperatur gekennzeichnet. Das Propagationsvermögen zur enzootischen Manifestation ist jedoch nur im engen Temperaturbereich von 20-30°C und hohen Luftfechtigkeiten möglich, doch ist diese Zeckenart in allen ihren Entwicklungsstadien für eine bestimmte Zeit fähig, selbst kritische Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen zu tolerieren und damit ihren enzootischen Fortbestand zu sichern.

So verlängern sich die entsprechenden Überlebenszeiten der nüchternen parasitischen Stadien dieser Zeckenart im Bereich von 40-10°C

mit sinkender Temperatur und steigender relativer Luftfeuchtigkeit deutlich, wobei die Imaginalstadien jeweils die längste und die Larven die kürzeste Zeitspanne tolerieren. Diese stadienbedingten Unterschiede in den Überlebenszeiten sind nach Untersuchungen von MacLEOD (1935a) wahrscheinlich auf die verminderte Fähigkeit der Larven zurückzuführen, ihren Wasserhaushalt im gleichen Umfang wie Nymphen und Imagines zu kontrollieren, da deren Gas- und Wasseraustausch durch die gesamte Körperoberfläche möglich sein soll. Die mit steigenden Temperaturen sich verkürzenden Überlebenszeiten können durch Permeabilitätsänderungen der Kutikularstrukturen bedingt sein, die auch bei Nymphen und Imagines zu hohen, nicht kompensierbaren Wasserverlusten und damit zum schnelleren Tod der Zecken führen (MELLANBY, 1932; LEES, 1946; 1947; WIGGLESWORTH, 1959; EDNEY, 1967; HAFEZ et al., 1970).

Vergleicht man diese Ergebnisse mit entsprechenden Werten anderer Untersuchungen (NUTTALL, 1915; FELDMAN-MUHSAM, 1964; SRIVASTAVA und VARMA, 1964), ist eine allgemein kürzere Überlebenszeit für die in dieser Untersuchung einbezogene Population von Rhipicephalus sanguineus festzustellen. Diese deutlich kürzeren Überlebenszeiten können sicherlich nicht mit stammesbedingt unterschiedlichen Toleranzkapazitäten begründet werden, sondern erklären sich vielmehr aus der besonderen Untersuchungstechnik zur Feststellung der Lebensfähigkeit. Die Überlebensdauer der Zecken wurde nämlich durch tägliche Untersuchungen ihrer Bewegungsaktivität bestimmt, die sowohl durch mechanische (MALAN, 1967), chemische als auch optische Reize induziert wurden. Nach Untersuchungen von LEES (1952; 1964) ist nämlich, im Gegensatz zu reizfrei gehaltenen Zecken, die Lebenserwartung bewegungsaktiver Spezimen durch den erhöhten Metabolismus deutlich verkürzt.

Die maximale Lebensdauer nüchterner Rhipicephalus sanguineus-Zecken weist bei allen postembryonalen Entwicklungsstadien auf eine

direkte Abhängigkeit zum Sättigungsdefizit in den verschiedenen Temperaturbereichen zwischen 10 bis 40°C hin. Obwohl dieser Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit bisher unterschiedlich beurteilt wurde (BUXTON, 1931; MacLEOD, 1935a; LEES, 1946; BEAMENT, 1961), scheint auf Grund der vorliegenden Untersuchung zumindest bei Rhipicephalus sanguineus eine direkte Korrelation zwischen der Höhe des Sättigungsdefizites und der Temperatur zu bestehen.

Die Dauer der Häutung ist sowohl bei Larven als auch bei Nymphen von Rhipicephalus sanguineus lediglich durch eine umgekehrt proportionale Abhängigkeit von der Temperatur im Bereich von 20-40°C gekennzeichnet. Die relativen Luftfeuchtigkeit hat dagegen nur bei 90 % einen lediglich verzögernden Einfluß auf die Häutungsdauer, wie auch in Untersuchungen mit Insekten festgestellt werden konnte (EVANS, 1935; WIGGLESWORTH, 1959; FRITZSCHE et al. 1968). Diese Werte stimmen dabei mit Daten entsprechender Temperatur- und Feuchtigkeitsbereiche anderer Untersuchungen überein (NUTTALL, 1915; MacLEOD, 1934; SAPRE, 1944; ARTHUR, 1951; LANCASTER, 1958; FELDMAN-MUHSAM, 1964; SRIVASTAVA und VARMA, 1964; SNOW, 1969; BALASHOV, 1972; JAMESON, 1972).

Bei Temperaturen unter 20°C ist für Rhipicephalus sanguineus eine kritische Grenze erreicht, die zwar eine Häutung verhindert, das Häutungsvermögen jedoch nicht beeinträchtigt. Nach Überführung der vollgesaugten Larven und Nymphen in optimale Temperatur- und Feuchtigkeitsbereiche häuten sich, wie auch Untersuchungen von MacLEOD (1934) und SNOW (1969) bestätigen, alle Stadien in einer diesen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen entsprechenden Zeitspanne.

Auf Grund dieser Ergebnisse ist Rhipicephalus sanguineus nach den Kriterien von EIDMANN und KÜHLHORN (1970) als euryhygre und eurytherme Art einzuordnen, die im Gegensatz zu den stenohygren Arten wie Ixodes ricinus, Ixodes hexagonus und Amblyomma americanum (MacLEOD, 1934; ARTHUR, 1951; LANCASTER, und McMILLAN, 1955)

einen weiten Temperatur- und Feuchtigkeitsbereich in allen Stadien zu tolerieren vermag und sich dabei gleichzeitig entwickeln kann.

Für die Reproduktionsphase von Rhipicephalus sanguineus besteht ebenfalls, wie auch aus Untersuchungen mit der gleichen Zeckenart von NUTTALL, 1915; SAPRE, 1944; LOMBARDINI, 1959; SRIVASTAVA und VARMA, 1964; SWEATMAN, 1967 sowie bei Ixodes ricinus, Ixodes hexagonus, Boophilus microplus, Hyalomma aegyptium und Hyalomma anatolicum (MacLEOD, 1935b; ARTHUR, 1951; HITCHCOCK, 1955; SWEATMAN, 1968; SNOW, 1969) abzuleiten ist, nur eine umgekehrt proportionale Korrelation zur Temperatur im Bereich zwischen 20 und 40°C. Die relative Luftfeuchtigkeit hat dagegen nur bei 40°C und niedrigen Luftfeuchtigkeitsbereichen einen Einfluß auf die Reproduktionsphase.

Die für die Präovipositionsdauer bei einer Temperatur zwischen 30 und 40°C von SWEATMAN (1967) beobachtete, sich mit jedem °C erhöhende zeitliche Verlängerung, konnte dagegen nicht bestätigt werden. Die nach Untersuchungen von SWEATMAN (1967) sowie SWEATMAN und KOUSSA (1968) im Temperaturbereich von 20-30°C bzw. 20-35°C mit steigendem Sättigungsdefizit sich verkürzende Präovipositions- bzw. Ovipositionsdauer konnte in eigenen Versuchen statistisch ebenfalls nicht gesichert werden.

Mit Temperaturen von weniger als 20°C ist für die Oviposition eine kritische Grenze erreicht, die eine Eiablage zwar verhindert, das Ovipositionsvermögen jedoch nicht beeinträchtigt. Die obere kritische Grenze für die Oviposition liegt bei 40°C, unabhängig davon, welche relativen Luftfeuchtigkeiten vorherrschen. Bei 90 % r. L. werden zwar noch Eier abgelegt, die sich jedoch nicht mehr entwickeln können.

Die Ovipositionskapazitäten sind dabei, wie Untersuchungen von SWEATMAN (1967) bestätigen, im Bereich von 30°C am größten und

verringern sich, bei gleichen Schlupfraten, mit sinkender Temperatur. Mit steigender Temperatur werden dagegen nur noch wenige, nicht entwicklungsfähige Eier abgelegt.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist die Schlußfolgerung berechtigt, daß Rhipicephalus sanguineus über eine ausgeprägte ökologische Reaktionsbreite verfügt, die durch die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit bestimmt wird und diese Zeckenart in ihrer geographischen Ausbreitung als Freilandzecke daher begrenzt. Durch ihre besondere Wirtsprädisposition für Hunde findet diese Zecke jedoch in Deutschland ein Biotop, das, unabhängig von kritischen Makroklimabedingungen, ihr Propagationsvermögen stets gewährleistet. Mit diesem besonderen Biotop in Hundestallungen sowie warmen Räumen in Häusern sind in Deutschland selbst in Wintermonaten alle ökologischen Voraussetzungen zur autochthonen enzootischen Manifestation und epizootischen Ausbreitung dieser Zeckenart gegeben.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde, nach zusammenfassender Darstellung der im Schrifttum bisher vorliegenden Untersuchungen zur Verbreitung von Rhipicephalus sanguineus in Deutschland sowie zum Einfluß der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung sowie die Reproduktionsphase ixodider Zecken, zunächst durch systematische Erhebungen die jetzige Verbreitung von Rhipicephalus sanguineus in Deutschland festgestellt.

Zur experimentellen Bewertung der ökologischen Toleranzkapazität von Rhipicephalus sanguineus wurden alle postembryonalen Entwicklungsstadien dieser Zeckenart im nüchternen und vollgesaugten Zustand verschiedenen Kombinationen von Temperatur- und relativen Luftfeuchtigkeitsbedingungen ausgesetzt, um den Einfluß dieser beiden abiotischen Faktoren auf ihre Entwicklung, Reproduktionskapazität sowie ihr Überleben zu untersuchen.

Durch systematische Erhebungen zur Verbreitung von Rhipicephalus sanguineus in Deutschland konnten zwei Epizentren mit erheblichem Ausbreitungsvermögen im Raum Oberhessen und Heidelberg sowie einige andere Vorkommen ermittelt werden.

In Untersuchungen zur ökologischen Reaktionsbreite von Rhipicephalus sanguineus konnte eindeutig nachgewiesen werden, daß die existentielle Sicherung dieser Zeckenart sowie deren Entwicklungs- und Reproduktionsvermögen von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit bestimmt werden. Diese Beeinflussung ist dabei allgemein durch eine direkt proportionale Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit und einer umgekehrt proportionalen Relation zur Temperatur gekennzeichnet.

Das Propagationsvermögen zur enzootischen Manifestation ist nur im engen Temperaturbereich von 20-30°C und bei hoher relativer

Luftfeuchtigkeit möglich. Diese Zeckenart ist jedoch in allen ihren Entwicklungsstadien für eine bestimmte Zeit fähig, selbst kritische Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen zu tolerieren und damit ihren enzootischen Fortbestand zu sichern.

Rhipicephalus sanguineus kann zwar auf Grund kritischer Makroklimabedingungen als Freilandzecke in Deutschland nicht bestehen, durch ihre besondere Wirtsprädisposition für Hunde wird dieser Zeckenart jedoch ein Biotop geboten, in dem alle ökologischen Voraussetzungen zur autochthon enzootischen Manifestation und epizootischen Ausbreitung gegeben sind.

SUMMARY

In the thesis submitted herewith, the already documented research on the distribution of Rhipicephalus sanguineus in Germany and on the influence of temperature and relative humidity on the development and reproductive phase of ixodid ticks was summarised, and the current distribution of Rhipicephalus sanguineus in Germany was established by systematic inquiry.

Experimental evaluation of the ecological tolerance of Rhipicephalus sanguineus was carried out by exposing all the postembryonic stages of development of this tick-species to various combinations of temperature and relative humidity conditions, in both its fasting and replete phases, in order to investigate the influence of these two abiotic factors on their development and reproductive capacity, as well as on their ability to survive.

As a result of systematic inquiry into the extent of Rhipicephalus sanguineus in Germany it was possible to ascertain two epicentres with considerable dissemination potential, in the region of Upper Hesse and in Heidelberg, as well as some other occurrences.

Experiment into the degree of reaction to its environment showed unequivocally that the security of survival of Rhipicephalus sanguineus, as well its capacity for development and reproduction is determined by temperature and relative humidity. These influences are characterised by a generally directly proportional relationship to relative humidity and an indirectly proportional relationship to temperature.

The ability to propagate to the enzootic manifestation is only possible within the restricted range of temperature of 20 - 30° C and at a relatively high humidity. This tick is however capable of enduring critical temperature and humidity conditions for a given length of time, thus ensuring the continuation of the enzootic state.

Rhipicephalus sanguineus is however unable to exist as an field tick due to critical macroclimatic conditions in Germany: in its special predilection for the dog as a host this species is presented with a biotope in which all the ecological prerequisites are available for its autochthonous enzootic manifestation and its epizootic dissemination.

V. LITERATURVERZEICHNIS

- AESCHLIMANN, A.: Observations sur la morphologie, la biologie et le développement d'Amblyomma compressum (Macalister, 1872), la tique des pangolins d'Afrique occidentale.
Acta trop. 20 (1963), 154-177
- AESCHLIMANN, A., W. BÜTTIKER: A propos des tiques de Suisse.
Rev. suisse Zool. 72 (1965), 577-583
- ARTHUR, D.R.: The bionomics of Ixodes hexagonus Leach in Britain.
Parasitology 41 (1951), 82-90
- ARTHUR, D.R.: Ticks and Disease. Pergamon Press, Oxford (1962)
- BABOS, S.: Die Zeckenfauna Mitteleuropas.
Akademiai Kiado, Budapest (1964)
- BALASHOV, Y.S.: A translation of bloodsucking ticks (Ixodoidea)-vectors of diseases of man and animals.
Misc. Publ. Ent. Soc. Am. 8 (1972), 161-376
- BEAMENT, J.W.L.: The water relations of insect cuticle.
Biol. Rev. 36 (1961), 281-320
- BELOZEROV, V.N., L.N. SERAFIN: Water balance regulation in Alectorobius tholozani (Laboulb. et Megn., 1882) at different atmospheric humidity.
Med. Parazit. 29 (1960), 308-313
- BEST, J.M.J., K.M. BUTT, J.A. ROHRBACH: Occurence of Rhipicephalus sanguineus in London.
Vet. Rec. 85 (1969), 633
- BODENHEIMER, F.S.: Ecological studies on some ticks.
Parasitology 26 (1934), 489-495
- BRANAGAN, D., K.P. BAILEY: A note on the survival of unfed Rhipicephalus s.simus Koch, 1844.
E. Afr. med. J. 45 (1968), 203-206

- BROWNING, T.O.: Water balance in the tick Ornithodoros moubata Murray, with particular reference to the influence of carbon dioxide on the uptake and loss of water.
J. exp. Biol. 31 (1954), 331-340
- BUXTON, P.A.: The law governing the loss of water from an insect.
Proc. ent. Soc. London 6 (1931), 27-31
- DRUMMOND, R.O., T.M. WHETSTONE, S.E. ERNST, W.J. GLADNEY: Biology and colonization of the winter tick in the laboratory.
J. econ. Ent. 62 (1969), 235-238
- DRUMMOND, R.O., T.M. WHETSTONE: Oviposition of the Gulf Coast tick. J. econ. Ent. 63 (1970), 1547-1551
- EDNEY, E.B.: Water balance in desert arthropods.
Science 156 (1967), 1059-1066
- EICHLER, W.: Die Zecken und ihre Beziehung zum Menschen.
Z. Hyg. Zool. 34 (1942), 131-141
- EIDMANN, H., F. KÜHLHORN: Lehrbuch der Entomologie.
Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin (1970)
- ELZINGA, R.J., D.M. REES: The ability of immature forms of the tick Ixodes kingi Bishopp, to survive cold temperatures. Proc. Utah Acad. Sci. 37 (1960), 156
- ENIGK, K.: Die Überträger der Pferdepiroplasmose, ihre Verbreitung und Biologie.
Arch. wiss. prakt. Tierheilk. 79 (1944a), 58-80
- ENIGK, K.: Über das Vorkommen der Hundeiroplasmose.
Z. Veterinärk. 56 (1944b), 72-73
- ENIGK, K.: Persönliche Mitteilung (1972)
- EVANS, A.C.: Studies on the influence of the environment on the sheep blow-fly, Lucilia sericata Meig. II. The influence of humidity and Temperature on prepupae and pupae.
Parasitology 27 (1935), 291-298

- FELDMAN-MUHSAM, B.: Resistance of larvae and nymphs of Hyalomma savignyi Gervais to various conditions of temperature and humidity.
Parasitology 38 (1947), 111-115
- FELDMAN-MUHSAM, B.: On the longevity of fasting ticks, Hyalomma savignyi Gervais.
Parasitology 41 (1951), 63-65
- FELDMAN-MUHSAM, B.: Laboratory colonies of Rhipicephalus.
Bull. Wld. Hlth. Org. 31 (1964), 587-589
- FRITZSCHE, R., H. GEILER, U. SEDLAG: Angewandte Entomologie.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1968)
- GOTHE, R.: Investigations into the cold resistance of the eggs and larvae of Boophilus decoloratus (Koch, 1844), Boophilus microplus (Canestrini, 1888) and Margaropus winthemi (Karsch, 1879).
Onderstepoort J. vet. Res. 34 (1967), 109-128
- GOTHE, R.: Zum Vorkommen von Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806) in Deutschland.
Z. Tropenmed. Parasit. 19 (1968), 305-307
- HAARLØV, N.: Another case of introduction into Denmark from Africa of the kennel tick (Rhipicephalus sanguineus).
Nord. Vet. Med. 21 (1969), 445-448
- HAFEZ, M., S. EL-ZIADY, T. HEFNAWY: Biochemical and physiological studies of certain ticks (Ixodoidea).
Cuticular permeability of Hyalomma dromedarii Koch (Ixodidae) and Ornithodoros savignyi (Audouin) (Argasidae).
J. Parasit. 56 (1970), 154-168
- HAFEZ, M., S. EL-ZIADY, T. HEFNAWY: Biochemical and physiological studies of certain ticks (Ixodoidea). Uptake of water by the different developmental stages of Hyalomma dromedarii Koch (Ixodidae) and Ornithodoros savignyi (Audouin) (Argasidae).
J. Parasit. 56 (1970), 354-361

- HITCHCOCK, L.F.: Studies of the non-parasitic stages on the cattle-tick Boophilus microplus (Canestrini, 1888).
Aust. J. Zool. 3 (1955), 295-311
- HOOGSTRAAL, H.: African Ixodoidea. Volume 1. Ticks of the Sudan.
U.S. Naval Med. Res. Unit. Cairo No. 3 (1956)
- JAMESON, E.W.: Temperature-development relation of Eutrombicula belkini (Acarina: Trombiculidae) and their possible ecological significance.
J. Parasit. 58 (1972), 343-347
- JANSEN, J.: Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806).
Ent. Ber. 22 (1962), 213
- JANSEN, J.: Nogmaals Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806).
Ent. Ber. 25 (1965), 6
- KNIPLING, E.B., W.N. SULLIVAN: Insect mortality at low temperatures.
J. econ. Ent. 50 (1957), 368-369
- KNÜLLE, W.: Equilibrium humidities and survival of some tick larvae. J. med. Ent. 2 (1966), 335-338
- LAMONTELLERIE, M.: Les tiques (Acarina, Ixodoidea) du Sud-Ouest de la France.
Ann. Parasit. hum. comp. 40 (1965), 87-100
- LANCASTER, J.L., H.L. McMILLAN: The effects of relative humidity on the Lone Star tick (Amblyomma americanum).
J. econ. Ent. 48 (1955), 338-339
- LANCASTER, J.L.: Some effects of varying temperature and humidity on the Lone Star tick (Amblyomma americanum).
Proc. 10th int. Congr. Ent. 3 (1958), 849-851
- LEES, A.D.: The water balance in Ixodes ricinus L. and certain other species of ticks.
Parasitology 37 (1946), 1-20
- LEES, A.D.: Transpiration and the structure of the epicuticle in ticks. J. exp. Biol. 23 (1947), 379-410
- LEES, A.D.: Aspects of the physiology of the sheep tick.
Ann. appl. Biol. 39 (1952), 146-148

- LEES, A.D.: The effect of ageing and locomotor activity on the water transport mechanism of ticks.
Acarologia 6 (1964), 315-323
- LEESON, E.A.: The recorded distribution of the tick Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806).
Bull. ent. Res. 42 (1951), 123-124
- LEWIS, E.A.: The ticks of East Africa. Part 2. Tick-borne diseases and their control.
Emp. J. exp. Agric. 7 (1939), 299-304
- LOMBARDINI, G.: Osservazioni biologiche ed anatomiche sul Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806).
Redia 35 (1950), 173-183
- MacLEOD, J.: Ixodes ricinus in relation to its physical environment: the influence of climate on development.
Parasitology 26 (1934), 282-305
- MacLEOD, J.: Ixodes ricinus in relation to its physical environment. II. The factors governing survival and activity. Parasitology 27 (1935a), 123-144
- MacLEOD, J.: Ixodes ricinus in relation to its physical environment. III. Climate and reproduction.
Parasitology 27 (1935b), 489-500
- MAIL, G.A.: Lethal temperatures for Dermacentor andersoni Stiles, and other ticks in British Columbia.
J. econ. Ent. 35 (1942), 562-564
- MALAN, J.R.: Report on methods used in assessing tick resistance. Tick Investigation Centre, Onderstepoort (1967).
- MARTINI, E.: Lehrbuch der medizinischen Entomologie.
Gustav Fischer Verlag, Jena (1952)
- McCULLOCH, R.N.: Ecological studies of the cattle tick Boophilus microplus, in the North Coast district of New South Wales.
Aust. J. agric. Res. 19 (1968), 689-710
- MELLANBY, K.: The influence of atmospheric humidity on the thermal death point of a number of insects.
J. exp. Biol. 9 (1932), 222-231

- NAGAR, S.K.: On the significance of the preoviposition and oviposition periods in ixodid ticks.
Acarologia 10 (1968), 621-629
- NUTTALL, G.H.F.: Observations on the biology of the Ixodidae.
Part 2.
Parasitology 7 (1915), 408-456
- NUTTALL, G.H.F., C. WARBURTON: Ticks. A Monograph of the Ixodoidea. Part III. The genus Haemaphysalis.
Cambridge University Press (1915).
- SAPRE, S.N.: Some observations on the life-history of the dog tick Rhipicephalus sanguineus (Latreille) at Mukteswar.
Ind. J. vet. Sci. 14 (1944), 111-112
- SCHEIN, E.: Persönliche Mitteilung (1971)
- SCHEIN, E.: Entwicklung subtropischer Zeckenarten unter dem Einfluß mitteleuropäischer Klimaverhältnisse.
Z. Parasitenk. 39 (1972), 72
- SNOW, K.R., D.R. ARTHUR: Oviposition in Hyalomma anatolicum (Koch, 1844).
Parasitology 56 (1966), 555-568
- SNOW, K.R.: The life-history of Hyalomma anatolicum (Koch, 1844) under laboratory conditions.
Parasitology 59 (1969), 105-122
- SONENSHINE, D.E., J.A. TIGNER: Oviposition and hatching in two species of ticks in relation to moisture deficit.
Ann. ent. Soc. Amer. 62 (1969), 628-639
- SRIVASTAVA, S.C., M.G.R. VARMA: The culture of the tick Rhipicephalus sanguineus (Latreille) (Ixodidae) in the laboratory.
J. med. Ent. 1 (1964), 154-157
- SWEATMAN, G.K.: Physical and biological factors affecting the longevity and oviposition of engorged Rhipicephalus sanguineus female ticks.
J. Parasit. 53 (1967), 432-445

- SWEATMAN, G. K.: Temperature and humidity effects on the oviposition of Hyalomma aegyptium ticks of different engorgement weights.
J. med. Ent. 5 (1968), 429-439
- SWEATMAN, G. K., M. G. KOUSSA: Comparative changes in external respiration rates of engorged Rhipicephalus sanguineus female ticks with age and oviposition in different physical environments.
J. Parasit. 54 (1968), 641-656
- THEILER, G.: Ecogeographical aspects of tick distribution.
Monograph. Biol. 14 (1966), 284-299
- WIGGLESWORTH, V. B.: Physiologie der Insekten.
Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart (1959)
- WINDING, O., N. HAARLØV: Accidental introduction into Denmark from Sudan of the kennel tick (Rhipicephalus sanguineus).
Nord. Vet. Med. 20 (1968), 284-285
- WINDING, O., P. WILLEBERG, N. HAARLØV: The brown dog tick (Rhipicephalus sanguineus), an ectoparasite of dogs of current interest.
Nord. Vet. Med. 22 (1970), 48-58
- WINSTON, P. H., D. H. BATES: Saturated solutions for the control of humidity in biological research.
Ecology 41 (1960), 232-236
- ZUMPT, F.: Die Hundezecke in Deutschland.
Desinfektion und Schädlingsbek. 36 (1944), 7-9
aus: GÖTTE, R.: Zum Vorkommen von Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806) in Deutschland.
Z. Tropenmed. Parasit. 19 (1968), 305-307
- ZWART, D.: Persönliche Mitteilung (1972)

Lebenslauf

Am 23. August 1944 wurde ich, Hans-Dieter Hamel, als zweites Kind des Architekten Hans Georg Hamel und seiner Ehefrau Ilse, geb. Stiegleiter, in Dresden geboren.

Von 1951-1956 besuchte ich die Volksschule und wechselte dann auf das Immanuel Kant-Gymnasium in Rüsselsheim, Kreis Groß-Gerau, über, wo ich im April 1964 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommer-Semester 1964 begann ich das Studium der Veterinärmedizin an der Justus Liebig-Universität in Gießen, leistete vom Oktober 1964 bis zum März 1966 meinen Wehrdienst ab, nahm mein Studium im Sommer-Semester 1966 in Gießen wieder auf und legte am 11. Juni 1971 die Tierärztliche Prüfung ab. Mit Wirkung vom 14. Juni erhielt ich die Approbation als Tierarzt.

Seit dem 1. Juli 1971 bin ich als wissenschaftliche Hilfskraft und seit dem 1. September 1972 als wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Parasitologie und Parasitäre Krankheiten der Tiere der Justus Liebig-Universität Gießen tätig.

Für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes und die jederzeit gewährte freundliche Unterstützung möchte ich Herrn Prof. Dr. G. Lämmner danken.

Herrn Prof. Dr. R. Gothe danke ich besonders für die Überlassung des Themas, seine wissenschaftliche Beratung sowie sein ständiges Interesse während der Arbeit.

